

**DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN POLÍNICA DEL AIRE EN EL
CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE BARRANQUILLA**

**Caroline María Cortina Borrero
Karen Paola Martínez Sierra**

Corporación Universidad de la Costa

Departamento de Civil y Ambiental

Ingeniería Ambiental

Barranquilla, Colombia

2019

**DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN POLÍNICA DEL AIRE EN EL
CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE BARRANQUILLA**

**Caroline María Cortina Borrero
Karen Paola Martínez Sierra**

**Trabajo de Investigación Presentado Como Requisito Parcial Para Optar al Título de
Ingeniera Ambiental**

Directora:

Andrea Liliana Moreno Ríos

Co-directora:

Wendy Beatriz Morgado Gamero

Asesores:

Sara Villalba

Alexander Parody

Corporación Universidad de la Costa

Departamento de Civil y Ambiental

Ingeniería Ambiental

Barranquilla, Colombia

2019

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Barranquilla, / /

Nota de aceptación:

Dedicatoria***A Dios.***

Porque a través de su misericordia, me brindó la oportunidad y la sabiduría para culminar satisfactoriamente mi formación profesional.

A mi madre Nelly.

Por haber sido ese motor que impulsó siempre mis ganas de salir adelante, por su incondicional apoyo en todas las etapas de mi vida y por formarme como una persona ejemplo para la sociedad. ¡Te amo madre!

A mis familiares.

A ti abuela Zoila, que a través de tu rectitud y guía, me has disciplinado e infundido en mí lo importante que es superarse, ser humilde y que a través de la perseverancia se pueden lograr todas las metas que nos propongamos en la vida. Gracias por quererme como a una hija....

A mi tía Nelsy, a mi tío Jorge, a mi hermana Katherine, a mi prima Arleth, Paula y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en pro de mis metas.

A Sanders Chacón.

Por su comprensión, cariño y amor; porque sin importar las adversidades y duros momentos de la vida, siempre estuvo a mi lado.

Karen Paola Martínez Sierra

Dedicatoria***A Dios.***

Porque a través de su bondad inmerecida me ha permitido culminar mi carrera profesional, por guiarme por el camino correcto, por su ayuda en todo mi proceso de formación y por haberme guiado a través de su palabra para adquirir cualidades y actitudes que me han permitido conseguir este logro.

A mi madre Jackeline.

Por su apoyo incondicional durante toda mi vida, por los valores y principios que me ha inculcado desde niña, los cuales han contribuido a mi formación personal, espiritual y profesional. Por su amor abnegado y por los sacrificios que ha estado dispuesta a hacer a fin de que hoy pueda alcanzar esta meta.

A mi padre Carlos.

Por la educación que me ha brindado. Por los buenos consejos que me ha dado, consejos que me han orientado a tomar decisiones acertadas las cuales me han permitido llegar hasta este punto de mi vida. Por los esfuerzos que ha hecho para proporcionarme todas las cosas que he necesitado siempre.

A mis hermanos, amigos y a mis compañeros que han contribuido a que este logro sea posible.

Caroline María Cortina Borrero

Agradecimientos

Nuestro mayor agradecimiento es a Dios, quien nos ha dado la vida y las fuerzas para llegar hasta este punto de nuestras carreras en la que finalizamos nuestros estudios de pregrado con éxito.

A la MSc. Andrea Liliana Moreno Ríos y MSc. Wendy Beatriz Morgado Gamero Tutora y Cotutora de nuestro Proyecto de Grado, respectivamente; quienes nos brindaron sus conocimientos, su experiencia, nos guiaron con paciencia, nos dieron su apoyo y nos motivaron a no rendirnos y a superar los obstáculos que se presentaron a lo largo del proceso de investigación.

A la Bacterióloga Sara Esperanza Villalba Vargas y al Doctor Alfonso Cepeda Sarabia de la Universidad Metropolitana de Barranquilla por la asesoría prestada en el tema de la aerobiología y por su colaboración incondicional.

Al Ingeniero Alexander Parody de la Universidad Libre por la orientación que nos brindó en el análisis estadístico, por su colaboración y por su paciencia al explicarnos.

A la Doctora Dayana Agudelo Castañeda de la Universidad del Norte por la asesoría brindada.

A la Laboratorista Erika Arbeláez y al Centro de Investigaciones y Tecnologías Ambientales (CITA) por facilitarnos el espacio para realizar los análisis.

A nuestros compañeros de muestreos Diana Porras y Edgar Jiménez por su inmensa cooperación, y a todos aquellos quienes nos ayudaron de una u otra forma a seguir adelante.

Resumen

La presencia del polen en el aire es una fuente de alergias y problemas respiratorios severos. En cada ciudad la incidencia de los factores ambientales puede determinar la concentración en la que se presenta el polen en la atmósfera. Se determinó la concentración de polen presente en el aire de la ciudad de Barranquilla y se evaluó su dispersión mediante gráficos de frecuencia donde se mostró la prevalencia del polen durante los meses de junio y julio de 2018. Adicionalmente, se evaluó la existencia de relación entre la concentración del polen con los datos meteorológicos mediante la Correlación de Spearman. Por último, se estableció una palinoteca de referencia del polen para facilitar el reconocimiento de los tipos polínicos identificados. Por ello, se realizó el muestreo de las partículas mediante el captador de partículas volumétrico por succión Lanzoni. Para la cuantificación e identificación de estas, se utilizó la metodología propuesta en el Manual de Calidad y Gestión de la Red Española de Aerobiología. Las concentraciones máximas de junio y julio de 2018 fueron de 23,31 y 31,45 P/m³ de aire, respectivamente. Los tipos polínicos con mayor concentración y frecuencia durante los meses de muestreo fueron: *Pipereaceae*, *Moraceae*, *Gramineaceae*, *Cecropia*, *Amaranthaceae/Chenopodiaceae*. Las variables que más influyeron en la concentración de los taxones polínicos analizados fueron la velocidad del viento y la humedad.

Palabras clave: Bioaerosoles, Polen, Método volumétrico por succión, Condiciones meteorológicas

Abstract

The presence of pollen in the air is a source of allergies and severe respiratory problems. In each city the incidence of environmental factors can determine the concentration in which pollen is present in the atmosphere. The concentration of pollen present in the air of the city of Barranquilla was determined and its dispersion was evaluated using frequency graphs showing the prevalence of pollen during the months of June and July 2018. Additionally, the existence of a relationship between pollen concentration and meteorological data was evaluated using the Spearman Correlation. Finally, a pollen reference library was established to facilitate the recognition of the identified pollen types. Therefore, the sampling of the particles was carried out by means of the volumetric particle collector by Lanzoni suction. For the quantification and identification of these, the methodology proposed in the Quality and Management Manual of the Spanish Aerobiology Network was used. The maximum concentrations for June and July 2018 were 23.31 and 31.45 P/m³ of air, respectively. The pollen types with the highest concentration and frequency during the sampling months were: *Pipereaceae*, *Moraceae*, *Gramineaceae*, *Cecropia*, *Amaranthaceae* / *Chenopodiaceae*. The variables that most influenced the concentration of the pollen taxa analyzed were wind speed and humidity.

Keywords: Bioaerosols, Pollinosis, Pollen, Volumetric method by suction, Meteorological conditions

Contenido

1. Introducción.	17
2. Planteamiento del problema.	19
3. Justificación.	21
4. Objetivos.	24
4.1. Objetivo general	24
4.2. Objetivos específicos.	24
5. Marco referencial	25
5.1. Antecedentes Internacionales.	25
5.2. Antecedentes Nacionales.	28
6. Marco teórico.	30
6.1. La aerobiología.	30
6.2. Los aeroalérgenos y su dispersión en el aire.	31
6.3. Plantas anemófilas	31
6.4. Propiedades de los granos de polen	32
6.4. Taxones polínicos	38
6.5. Flora característica de la ciudad de Barranquilla	41
6.6. El polen y los efectos a la salud	42
6.7. Medidas preventivas implementadas como resultado del monitoreo del polen	44
6.8. Influencia de las condiciones meteorológicas en el comportamiento aerodinámico de los granos de polen.	45
6.9. Redes de monitoreo aerobiológico.	48
7. Metodología.	52
7.1. Área de estudio	52
7.2. Determinación de la composición polínica del aire de la zona Centro Histórico de la ciudad de Barranquilla	53
7.2.1. Toma de muestras.	54
7.2.2. Identificación de las muestras	54
7.2.3. Medición de la concentración de los granos de polen	55
7.3. Evaluación de la influencia de las variables meteorológicas.	56
7.4. Construcción de Palinoteca	56
7.5. Análisis estadístico	57

8.	Resultados y discusión.	60
8.1.	Determinación de la composición polínica del aire de la zona Centro Histórico de la Ciudad de Barranquilla.	60
8.2.	Influencia de las condiciones meteorológicas en la concentración de los granos de polen durante los meses muestreados.	70
8.2.2.	Análisis estadístico de los resultados	74
8.3.	Palinoteca.	79
9.	Conclusiones.	80
10.	Recomendaciones.	82
11.	Referencias	83

Lista de Tablas y figuras.**Tablas.**

Tabla 1. Tamaño de los granos de polen y el índice P/E	37
Tabla 2. Características de los principales tipos polínicos de la ciudad de Barranquilla	39
Tabla 3 . Concentraciones medias de los granos de polen durante los meses de junio y julio del 2018.	60
Tabla 4. Concentración promedio de los taxones polínicos muestreados durante junio y julio de 2018	62
Tabla 5. Concentraciones máximas, mínimas y medidas de dispersión de la concentración diaria por tipo polínico identificado durante el muestreo	65
Tabla 6. Frecuencia de los tipos polínicos presentados durante los meses de junio y julio de 2018	67
Tabla 7. Condiciones meteorológicas durante el tiempo de muestreo.	71
Tabla 8. Coeficientes de correlación de Spearman de los tipos polínicos seleccionados	74

Figuras

Figura 1. Estructura de la pared de los granos de polen.	34
Figura 2. Características de la ornamentación de la Exina.	35
Figura 3. Identificación de las zonas de polar de los granos de polen.	36
Figura 4. Morfología de los granos de polen	36
Figura 5. Características de las aberturas de los granos de polen.	38
Figura 6. Identificación del Aparato volumétrico tipo Hirst y sus partes. .	49
Figura 7. Vista satelital de la localización del sitio de muestreo.	52
Figura 8. Muestreador volumétrico Lanzoni VPPS 2000 ubicado en la azotea de la Universidad de la Costa	54
Figura 9. Vista satelital de los puntos de muestreo de polen para la palinoteca	57
Figura 10. Concentración diaria de los granos de polen.	62

Figura 11. Concentración de los tipos polínicos identificados durante el mes de junio y julio de 2018 en la ciudad de Barranquilla. 64

Figura 12. Frecuencia de los tipos polínicos identificados 69

Figura 13. Tipos polínicos que se presentaron con mayor prevalencia durante los meses de junio y julio de 2018. 70

Figura 14. Rosa de los vientos obtenida de la dirección del viento predominante durante los meses de junio y julio de 2018. 73

Glosario

Aeroalergeno: Son partículas transportadas por el viento capaces de provocar alergia respiratoria, cutánea o conjuntival. Principalmente producida por el polen y las esporas.

Alérgeno: Es una sustancia que es capaz de producir alguna reacción de hipersensibilidad en el sistema inmunológico en personas susceptibles o que han estado en contacto con ella.

Angiosperma: Son las plantas que tienen vasos conductores y flores.

Apolar: Un polen se considera apolar cuando no tiene polos definidos.

Baculada: Son fragmentos de la pared externa de las esporas o granos de polen, con forma de bastón.

Base: Estrato más interno de ectexina, que sostiene los báculos cuando éstos existen.

Citoesqueleto: Son estructuras que provee soporte interno en las células.

Citoplasma: Es la porción de protoplasma que rodea al núcleo.

Clava: Elemento escultural en forma de porra

Colpos: En palinología se considera como una abertura alargada, fusiforme.

Ectoabertura: Abertura de la ectexina.

Ectexina: Capa más externa de la exina.

Endexina: Es la capa o estrato interno de la exina más o menos diferenciado.

Escabrida: Cuando la superficie del grano de polen cuyos elementos esculturales no exceden 1 μm longitud en distintas direcciones.

Esporodermis: Es la capa que envuelve y protege al grano de polen.

Esporopolenina: Es una sustancia de la cubierta de las esporas y polen.

Estigmas: Es la parte del gineceo o conocido también como pistilos que recibe el polen durante la polinización.

Gameto: Célula sexual madura, capaz de unirse a la del sexo contrario para formar la cigota.

Gemas: Es un elemento escultural que tiene una proyección radial isodiamétrica.

Infratéctum: Estrato de la esporodermis situado debajo del téctum, ubicado sobre la base, generalmente compuesto por columelas, gránulos o alvéolos.

Intina: Es la pared interna del grano de polen, muy delgada, hialina, incolora y de naturaleza celulósica.

Membrana plasmática: Es la parte intermedia entre el interior de la célula y su entorno.

Nexina: Porción interna, no esculturada, de la pared de las esporas o granos de polen.

Ornamentación: Escultura, elementos esculturales de los granos de polen.

Ovocélula: Los óvulos son las células sexuales o gametos femeninos.

Palinoteca: Colección de preparaciones microscópicas de polen y de esporas para su observación.

Pared celular: Es un recubrimiento resistente, un poco rígido, ya que sostiene las fuerzas osmóticas y el crecimiento de la misma.

Pectina: Sustancia que se encuentra en los vegetales.

Pilato: Elemento de ectexina constituido por una cabeza más o menos esférica y un cuello.

Plantas angiospermas: Son plantas cormofitas, es decir, con tejidos y órganos perfectamente diferenciados.

Plantas alógamas: Son aquellas plantas que se producen por medio de polinización cruzada.

Plastos: Son orgánulos presentes en las células de las plantas y de las algas.

Polar: Hace referencia a los dos ejes que se encuentran en el polen (Isopolar y heteropolar).

Polen: Es el nombre que recibe los distintos granos presentes en las flores de las plantas.

Polinización: Es el proceso de trasladar el polen desde el estambre hasta el estigma.

Poros: Abertura de la exina o parte adelgazada de la misma por donde brota el tubo polínico.

Reticulado: Recibe este nombre los granos de polen que poseen una superficie dotada de muros o crestas que rodean lúmenes con más de un 1 μm de anchura, estructurado de acuerdo a las mallas de una red.

Retículo endoplásmico rugoso: Es un organelo celular que se encarga de la síntesis, y el transporte de proteínas.

Saco polínico: Recipiente en el que se contienen los granos de polen.

Semitectado: Cuando en el grano de polen el tectum es relativamente ausente.

Sexina: Porción externa, esculturada, de la exina de los granos de polen y esporas.

Supratectal: Se utiliza para los elementos esculturales en los granos de polen tectados.

Tectum: Fragmento continuo de la exina de algunos granos de polen, formada por encima de las báculas. Es decir que forma un techo sobre las columelas u otros elementos.

Tétrade: Conjunto constituido por las cuatro células resultantes de la meiosis de la célula madre de las esporas.

Variación temporal: Es una componente de las series temporales y ha sido definida como los cambios periódicos y rítmicos que se presentan en momentos similares dentro de cada año, generalmente asociadas con las estaciones.

Vacuola central: Son compartimentos limitados por la membrana plasmática debido a que contienen diferentes fluidos.

Verrugoso: Elemento escultural más ancho que largo, de diámetro mayor de 1 μm , no puntiagudo y con la parte baja no constreñida.

1. Introducción.

El viento tiene la capacidad de transportar a grandes distancias material biológico como las esporas de hongo, virus, bacterias y polen (Celenk, 2019). Este material biológico es conocido como bioaerosol dado que por su tamaño ($<10\ \mu\text{m}$ – $100\ \mu\text{m}$) puede encontrarse en suspensión en la atmósfera (De Castro, 2014).

Los bioaerosoles son de gran interés debido a que su presencia en el aire es una fuente de alergias y problemas respiratorios severos. Uno de los bioaerosoles que más alergias causa a nivel mundial es el polen puesto que libera parte de su contenido citoplasmático a la atmósfera, incluidas las fracciones de menor tamaño que el grano de polen, las cuales reciben el nombre de partículas paucimicrónicas. (D'Amato *et al.*, 2017). Este tiene la capacidad de generar síntomas y enfermedades de variada gravedad, tales como la rinitis, oculorinitis, asma, conjuntivitis, entre otros (Rojo *et al.*, 2016). La prevalencia de estas enfermedades de tipo alérgicas ha incrementado significativamente a proporciones epidémicas en todo el mundo (D'Amato *et al.*, 2015).

Dentro de los granos de polen existen una gran variedad de familias y géneros polínicos, algunos tipos polínicos tienen la capacidad de generar alergias en un mayor porcentaje de la población que otros. Esto puede deberse a que se presentan con una mayor concentración y frecuencia en el aire (Belmonte y Roure, 2003; Porras y Jiménez, 2019).

En cada área geográfica, los factores ambientales son diferentes (Oduber *et al.*, 2019). La presencia de los granos de polen en la atmósfera puede variar por la influencia de los factores meteorológicos predominantes en una ciudad o región. De tal forma que, en cada ciudad la incidencia de los factores ambientales puede determinar la concentración y frecuencia en la que se presentan cada uno de los tipos polínicos (Rojo *et al.*, 2016). Por ello se hace necesario identificar los tipos polínicos presentes en la atmósfera de cada ciudad.

La última caracterización alérgica del aire de la ciudad de Barranquilla fue realizada en el año 2010 (Porrás y Jiménez, 2019). Por tanto, no se tiene información actual sobre los taxones polínicos presentes en la atmosfera de Barranquilla. En este estudio se determinó la composición polínica y se identificaron los taxones de polen presentes en el aire de la zona Centro Histórico de la Ciudad de Barranquilla en el periodo de estudio. Así mismo, se analizó la relación entre la concentración de granos de polen y las variables meteorológicas. Adicionalmente, se estableció una palinoteca de referencia de los granos de polen que se presentan en la ciudad para facilitar el reconocimiento de los tipos polínicos identificados en las muestras aerobiológicas.

2. Planteamiento del problema.

Colombia, se caracteriza por ser un país rico en flora tanto anemófila como entomófila y al estar ubicada al lado del mar Caribe, se ve influenciada por los vientos, la humedad y la precipitación, así como los cambios climáticos a lo largo del año. De tal forma que, es un área en la que se favorece el incremento de la concentración de polen en la atmósfera, el cual es uno de los principales responsables de los altos niveles de alergias en las personas (Rangel, 2015; Morgado *et al.*, 2018a).

En las últimas décadas se ha caracterizado la abundancia de los alérgenos en ambientes exteriores (Morgado *et al.*, 2018a, London y Ramanathan, 2018; Ezikanyi, Sakwari y Nnamani, 2018; Pham *et al.*, 2019). La mayoría de los estudios están relacionados a los aeroalérgenos y se han realizado en países del occidente europeo, por ejemplo, en España, donde se cuenta con una Red de Monitoreo Aerobiológico (REA). Esta red se encarga del control rutinario del polen atmosférico y contribuye a la clasificación de las concentraciones polínicas resultantes de los muestreos. Lo anterior, permite obtener la situación actual del país para realizar una posible prevención y control de la exposición a los tipos de polen en el caso que sea requerido (Galán, Cariñanos, Alcázar, y Domínguez, 2007; Gharbi, 2018).

A pesar de que el estudio del polen en la atmósfera es tan relevante, en Colombia no se cuenta con una red de monitoreo nacional, ni se cuenta con suficiente información especializada sobre la composición y cuantificación de alérgenos presentes en la atmósfera. Contar con una red de monitoreo permitiría analizar la influencia que tienen las variables meteorológicas y geográficas en la concentración de polen (Oduber *et al.*, 2019).

Dado que cada zona tiene condiciones ambientales diferentes que afectan tanto la concentración como las especies de polen presentes en la atmósfera por un período determinado de tiempo (Oduber *et al.*, 2019), se hace necesario realizar muestreos de polen a nivel local a fin de contar con una línea base en la que se caracterice cuáles son los tipos polínicos presentes en la atmósfera. Adicionalmente, se necesita más investigación para evaluar adecuadamente los peligros potenciales para la salud, incluidos susceptibilidad interindividual, interacciones con agentes no biológicos, y muchos efectos probados / no comprobados para la salud (por ejemplo, atopia y enfermedades atópicas) (Kim, Kabir y Jahan, 2017) Citado en (Morgado *et al.*, 2018b).

En Barranquilla, se han realizado estudios para la medición del espectro polínico. Sin embargo, estos datos no son actuales, dado que corresponden a monitoreos realizados en el año 2010 (Porras y Jiménez, 2019; Cepeda y Villalba, 2008). Debido a que con el paso tiempo varía la concentración y los tipos polínicos presentes en el aire, se requieren estudios para determinar la composición polínica actual de la ciudad de Barranquilla.

La ciudad de Barranquilla se encuentra dividida en 5 zonas: Río Mar, Norte Centro Histórico, Sur Occidente, Sur Oriente y Metropolitana. De acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE, (2018), la Zona Norte Centro Histórico corresponde a la zona con mayor superficie de la ciudad de Barranquilla.

Adicionalmente, dentro de la población de la Zona Centro Histórico se encuentran niños y adultos mayores, los cuales son la población con mayor susceptibilidad a presentar alergias al polen (García, 2010; Zubeldia, Baeza, Jauregui y Senent, 2012; Gharbi, 2018; Porras, y Jiménez, 2019).

En este sentido, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la composición polínica presente en el aire de la zona Centro Histórico de la Ciudad de Barranquilla?

3. Justificación.

Los aeroalérgenos poseen la facilidad para viajar a través del aire y de liberar su contenido alergénico en la atmósfera, pueden tener efectos adversos en la salud humana y se constituyen como uno de los causantes más comunes de las enfermedades alérgicas. Su alergenidad se debe a que son partículas inhalables capaces de penetrar hasta los pulmones, y en aquellas personas susceptibles, tienen la capacidad de generar alergias (Benito, 2003; Ezikanyi *et al.*, 2018; (Morgado *et al.*, 2019). Estas personas susceptibles o atópicas tienen una predisposición hereditaria a manifestar alergias al exponerse incluso a bajos niveles de concentración de los granos de polen en el aire. No obstante, la alergia no solo se manifiesta debido a factores genéticos, sino que su manifestación está asociada también a los factores medioambientales (Valero y Picado, 2002; Zubeldia *et al.*, 2012).

Según datos publicados por la Academia Americana de Aasma, Alergias e inmunología (American Academy of Allergy Asthma & Immunology; AAAAI), en los Estados Unidos, la rinitis alérgica afecta a un porcentaje comprendido entre el 10 % y el 30 % de los adultos y hasta el 40 % de los niños. En Europa, según el recientemente publicado informe ARIA (*Allergic rhinitis and its impact on asthma*) de 2008, las cifras de prevalencia de la rinitis alérgica oscilan entre el 17 % de Italia y el 28.5 % de Bélgica, con valores medios aproximados del 25% (Cervigón, Gutiérrez, y Pérez, 2016).

En países como España, los resultados del estudio epidemiológico observacional donde se tomaron como referencia especímenes de una gran cantidad de individuos que padecían dichas alergias (Navarro *et al.*, 2009), dieron a conocer que la enfermedad alérgica que se presenta con mayor frecuencia es la rinitis alérgica (RA). La cual tiene un índice del 55% sobre los análisis realizados; por otra parte, en un gran número de los casos la RA estaba vinculada con la conjuntivitis, representado en un 65% y con un índice del

37% asociado a asma. Uno de los principales alérgenos fue el polen atmosférico, representado en un 51%, y los ácaros en un 42%. (Bousquets, Khaltayev y Cruz, 2012).

En otros estudios realizados en España, el 43.8% de los pacientes asmáticos, es decir la gran parte de estos, se encontraban expuestos al polen, el 41.4% a ácaros y el 19.6% a epitelios de animales. De acuerdo con lo anterior, se puede establecer que el principal agente etiológico fue el polen atmosférico, así mismo, se puede inferir que es mucho más recurrente estar expuesto a diversos tipos de polen (polisensibilización, 55%) que a un solo tipo (mono-sensibilización, 45%) (Gabaldón, 2016).

Según el Estudio Internacional de Asma y Alergias en la Infancia, ISAAC, Colombia es el quinto país a nivel mundial en poseer las mayores cifras de adolescentes con rinitis alérgica. Adicionalmente, ocupa el octavo lugar por presentar la misma enfermedad en niños. De acuerdo con Cepeda Sarabia, alergólogo de la ciudad de Barranquilla, Colombia es un país en el que se presentan frecuentemente casos de alergia (Martínez, 2012).

Si bien es cierto que en las grandes ciudades la concentración de granos de polen es menor que en las zonas rurales, es en las grandes metrópolis donde se presenta una alta prevalencia de enfermedades respiratorias alérgicas y de mayor gravedad. Estas afectan las vías respiratorias superiores e inferiores (rinitis y asma) (Caraballo *et al.*, 2016; D'Amato *et al.*, 2017). Esto se debe a la interacción que tienen los contaminantes de la ciudad con el polen, dado que influyen directamente en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los granos de polen (Teherán, 2009; Oduber *et al.*, 2019). De acuerdo con D'Amato *et al.*, (2015): *“el calentamiento global afecta el inicio, la duración y la intensidad de la temporada de polen, así como la alergenidad”*.

D' Amato *et al.*, (2015) analizaron los efectos sinérgicos de la contaminación atmosférica sobre los episodios alérgicos. Concluyendo que los altos niveles de esta

contribuyen a la sensibilización del sistema inmune de las personas, de tal forma que son más susceptibles a sufrir de enfermedades alérgicas (D'Amato *et al.*, 2015; Escribano, 2016).

En un estudio realizado por Escribano (2016) se obtuvo como resultado que los tipos de polen analizados tienen la capacidad de absorber compuestos volátiles contaminantes, y que, adicionalmente, son portadores de partículas sólidas tóxicas adheridas en su superficie.

De acuerdo con lo anterior, esta investigación busca contribuir al conocimiento existente acerca de la presencia de los alérgenos en el aire, con la finalidad de que en el futuro Colombia pueda contar con una red de monitoreo aerobiológico que suministre información oportuna y, por tanto, las personas susceptibles al polen puedan adoptar las medidas necesarias. Adicionalmente, este estudio brindará una línea base sobre la composición polínica actual de la ciudad de Barranquilla que permitirá determinar la relación entre la concentración de los taxones polínicos con las variables meteorológicas. Se espera que los resultados de esta investigación sean de utilidad en el campo de la alergología, debido a que la identificación y cuantificación de los taxones polínicos daría paso a la relación de los distintos síntomas que puede mostrar un paciente ante la presencia de determinados tipos polínicos en la atmosfera. De esta forma, se mejoraría el proceso diagnóstico y los posibles tratamientos de dichas enfermedades.

4. Objetivos.

4.1. Objetivo general

- Determinar la composición polínica del aire de la zona centro histórico de Barranquilla de los meses de junio y julio de 2018.

4.2. Objetivos específicos.

- Identificar los taxones de polen en el aire de la zona centro histórico de Barranquilla.
- Analizar la relación entre la concentración de granos de polen y las variables meteorológicas.
- Establecer una palinoteca de los granos de polen en el área metropolitana de Barranquilla para facilitar la identificación de los tipos polínicos en las muestras aerobiológicas.

5. Marco referencial

5.1. Antecedentes Internacionales.

Debido al aumento que ha tenido las alergias, especialmente en las zonas urbanas e industrializadas, en los últimos años ha adquirido un mayor interés, el estudio de la concentración de los aeroalérgenos (Oduber *et al.*, 2019). Uno de los continentes en los cuales se han desarrollado un mayor número de investigaciones en el área de la aerobiología es el continente europeo, en el cual se presenta una amplia gama de estudios en los que se muestra su concentración del polen presente en el aire y la incidencia que tiene en las enfermedades alérgicas.

Se estima que la prevalencia de alergia al polen afecta hasta el 40% de la población en Europa (De Linares, Alcázar, Valle, Díaz y Galán, 2019). El 50% de los pacientes con polinosis en toda Europa se presentan principalmente por reacciones alérgicas asociadas al polen de hierbas. (Plaza, Alcázar, Hernández y Galán; 2016; De Linares *et al.*, 2019).

En España se realizó un estudio durante un periodo de 23 años centrado en los tipos de polen más frecuentes arbóreos y herbáceos en el sur del país. Este estudio evidenció los cambios drásticos que se han presentado en la intensidad del polen en la atmósfera y en la prolongación de la temporada de polen (Ruiz y Aguilera, 2018).

Por otra parte, en investigaciones como “*El polen en la atmósfera de Jaén, España: dinámica y evolución histórica*” Aguilera y Ruiz, (2009), se establecieron los diferentes tipos de polen presentes en la atmósfera de la ciudad de Jaén durante el periodo de 1999 a 2008. Este estudio se efectuó con el fin de determinar la incidencia de la concentración de granos de polen en las alergias presentadas durante ese periodo. De los 10 taxones estudiados, se observó que el polen de *Olea*, representó el 72,1 % del total de los granos de polen muestreados, “*transformando a Jaén en la ciudad con mayor concentración de este polen alérgico registradas a nivel mundial*”.

Del mismo modo, Rodríguez, Sánchez y Sánchez (2008) en la ciudad de Salamanca, España, analizaron muestras de tres géneros de polen (*AilantosDesf*, *RobiniaL.* y *TiliaL.*); y la relación que tienen con algunos parámetros atmosféricos con una duración de cinco años. El objetivo fue establecer las épocas en las que se presentan con mayor concurrencia en la atmósfera y la época en que tiene un mayor grado de afectación en las personas alérgicas. Se llegó a la conclusión de que las variaciones anuales de las concentraciones de polen se deben a los factores meteorológicos, las condiciones locales y la fenología. Adicionalmente, las correlaciones con las precipitaciones y la velocidad media del viento se mostraron significativas a diferentes intervalos de confianza y de distinto signo para cada uno de los parámetros.

Por otro lado, en el continente asiático se estudió la composición y la abundancia de polen en el aire en las zonas urbanas del sur de China desde 1986 hasta 2017. Los taxones más significativos que se encontraron durante el estudio en todos los sitios analizados son *Pinaceae*, *Poaceae*, *Cupressaceae* y *Platanus*. Estos taxones representan más del 50% del polen aéreo total a lo largo de los años. Adicionalmente, se observó un cambio perceptible en el inicio y la duración de la temporada de polen (Rahman *et al.*, 2019). En el sur de China se analizó la influencia de los contaminantes no biológicos y las variables meteorológicas en la concentración de polen en el aire en la ciudad de Guangzhou, China. Los resultados revelaron que la dispersión de polen está correlacionada significativamente con contaminantes no biológicos y variables climáticas (Rahman *et al.*, 2019).

En Taiwán se realizó una investigación en la cual se exploró el papel de un tipo polínico predominante en Taiwán, *Broussonetia papyrifera*, en la sensibilización clínica. Se comparó los niveles diarios de polen atmosférico y las visitas clínicas a enfermedades alérgicas. El estudio reveló que durante los días en que se presentaban mayores niveles de

concentración polínica en la atmosfera aumentaba el número de visitas de pacientes con asma y rinitis alérgica (Wu, Su, Lung, Chen y Lin, 2019).

En Latinoamérica el estudio aerobiológico poco a poco ha ido tomando mayor interés y se han llevado a cabo investigaciones tales como “*Airbone pollen and spores monitoring in Buenos Aires City: a preliminary report*” Majas, Netinger, y Romero, (1992). En este estudio se analizó el contenido mensual de árboles y arbustos en la atmosfera durante un año y se identificaron treinta muestras provenientes de las plantas cuya floración se presenta a finales de invierno y principios de primavera. Nitiu y Mallo, (2012) efectuaron una investigación que tuvo como objetivo principal evaluar la diversidad y la concentración polínica presente en la ciudad de Buenos Aires durante tres años. El análisis de la variación interanual arrojó como resultado la presencia de 20 tipos polínicos, de las cuales los más prevalentes con propiedades alérgicas fueron las *Fraxinus* y *Poaceae*.

A causa de la elevada demanda de enfermedades alérgicas en México originadas debido a la exposición de las personas por el polen presente en la atmósfera, en los últimos años se han realizado distintos estudios de plantas y pólenes atmosférico en diversas regiones de México. Una de las regiones donde se han llevado a cabo estos estudios es Toluca. Cid, Piedras, Visoso y Becerril, (2015), realizaron dos muestreos. Se efectuaron con el fin de especificar el tipo del polen presente, el cambio estacional y el comportamiento de los granos de polen en cuatro estaciones del año. Se empleó un muestreador volumétrico tipo Hirst (Burkard) de octubre de 2004 al 30 de septiembre de 2005. Se observó una mayor concentración en el invierno con un valor cuatro veces superior a la primavera. En verano y otoño fue similar. Adicionalmente, en enero se obtuvo el mayor número de especímenes con 4.007 g/m^3 a diferencia de agosto con 360 g/m^3 . Los tipos de polen más abundantes correspondieron a las siguientes familias y géneros:

Cupressaceae, *Pinaceae*, *Oleaceae* con el género *Fraxinus sp*, *Betulaceae* con el género *Alnus* 12.5%, *Asteraceae* o *Compositae* 3.3%, *Anacardiaceae* con el género *Schinus sp*. Si bien en el invierno hubo mayor cantidad de polen, hubo menor variedad de tipos polínicos. Es notorio que los árboles prevalecen sobre las herbáceas y gramíneas en diversidad y cantidad.

Rocha, Alvarado, Foroughbakhch y Hernández (2005) realizaron un estudio titulado “*Polen atmosférico de importancia alergológica en el área metropolitana de Monterrey (Nuevo León, México)*” durante el periodo marzo de 2003 a febrero de 2005. La finalidad del estudio radicó en estimar la cantidad de polen atmosférico y su trascendencia alergénica presente en el área metropolitana de Monterrey con una duración de dos años. Los especímenes con mayor prevalencia e importancia alergológica en la zona de aplicación son *Fraxinus sp*, *Cupressaceae-Taxodiaceae*, *Parietaria pensylvanica*, *Poaceae*, *Celtis sp*, *Moraceae*, *Pinus sp*, *Ambrosia confertiflora*, *Ricinus communis*, *Quercus sp*, *Prosopis sp*, *Platanus occidentalis* y *Carya sp*.

En Lima, Perú, Uruarte y Calderón, (2018) identificaron y registraron los aeroalérgenos más importantes en la atmósfera de la ciudad urbana de Lima. Los mayores recuentos de polen se registraron en invierno y verano. Se encontraron 10 taxones principales: *Poaceae* (22.6%), *Oleaceae* (20.9%), *Compositae (Artemisia spp.)* (19.38%), *Urticaceae* (16.45%), *Betulaceae (Casuarina)* (9.03%), *Myrtaceae (Eucalyptus)* (7.21 %), *Betulaceae (Alnus)* (2.19%), *Chenopodiaceae-Amaranthaceae* (1.88%), *Asteraceae (Ambrosia)* (0.15%) y *Polygonaceae (Rumex spp.)* (0.10%).

5.2. Antecedentes Nacionales.

En el caso de Colombia, se han desarrollado escasas investigaciones sobre la temática de la aerobiología, por ejemplo, en la ciudad de Medellín se realizó un estudio

para estimar la concentración de los granos de polen presente en la atmósfera utilizando un captador volumétrico tipo Hirst por Alzate, Quijano, Alvarez, y Fonnegra (2015). El objetivo principal fue la identificación del polen durante todo el año. Las muestras fueron recolectadas durante los meses de febrero de 2010 y marzo de 2011. Donde los resultados obtenidos indicaron un total de 62 tipos de polen y 30 fueron angiospermas. Las familias presentes fueron *Oleaceae*, *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Chenopodiaceae* y *Polypodiaceae*. Asimismo, se identificó una relación inversamente proporcional entre la precipitación y la cantidad y diversidad de granos de polen.

En Bogotá, se realizó un estudio durante un año de las partículas que cuentan con un potencial alergénico en la atmósfera. En el estudio se identificaron 72 tipos polínicos que provenían de árboles importados. El principal contribuyente al potencial alergénico encontrado fue *Cupressus spp.* Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con los de la investigación “*Caracterización de la intensidad y dinámica de pólenes y esporas alergénicos en la ciudad de Bogotá*” realizada por Díaz y Denise, (2017). En este estudio se encontró el 75.3% de la flora representada en el espectro aerobiológico de la ciudad corresponde a flora introducida, no nativa. “*Esta flora es la que contribuye de forma más directa a la carga biológica del aire y puede tener consecuencias sobre el ambiente y los organismos*”.

De igual modo, a nivel local se realizó un monitoreo con una duración de dos años consecutivos en la ciudad de Barranquilla. Este monitoreo tuvo como objetivo principal conocer la concentración de polen y esporas y mediante estos datos, obtener un calendario polínico de la ciudad. Se encontró mayor prevalencia en la atmosfera de la ciudad de las angiospermas con un 58,6% del total de muestras de 2004 y un 62,3% del 2005 (Cepeda y Villalba, 2008).

6. Marco teórico.

6.1. La aerobiología.

La Aerobiología es una rama de la Biología que se centra en el estudio de organismos y partículas biológicas que son aerotransportados de forma pasiva. Se encarga de analizar el origen, su diversidad, mecanismos de liberación, transporte, tipo e incidencia de estos cuerpos en el entorno o atmósfera (De Castro, 2014).

Una de las primeras ciencias en vincularse con la Aerobiología fue la Medicina. Esta se encuentra fuertemente ligada debido que el polen y las esporas que se encuentran inmerso en el aire estimulan la aparición de síntomas alérgicos en las personas (Guixá, 2013).

La aerobiología también es de interés en la agricultura, puesto que resulta beneficioso el conocimiento de esta rama de la biología para el pronóstico de cosechas, contribuyendo así a la producción agrícola. La aerobiología también hace aportes a la agricultura al brindar información que complementa las ciencias fenológicas (García, 2012).

Otro campo de aplicación de la aerobiología es el de la degradación y conservación del patrimonio cultural, puesto que la presencia de material biológico en la atmósfera, tal como bacterias, hongos, polen, ácaros, entre otros, produce una degradación de estas obras civiles, monumentos u obras de arte. Se han efectuado estudios en pinturas, monumentos, museos, en los cuales se ha encontrado que uno de los factores que ha influido en el deterioro de las estructuras es la presencia de material biológico aerovagante (Dornieden *et al.*, 2000; Camuffo *et al.*, 2001; Groth *et al.*, 2001; Aira *et al.*, 2007; Vivar, Borrego, Ellis, Moreno y García, 2013; Ruga, Orlandi, Romano y Fornaciari, 2015; Polo, Cappitelli, Villa y Pinzari, 2017).

6.2. Los aeroalérgenos y su dispersión en el aire.

Los aeroalérgenos son partículas que se transportan en el aire y tienen el potencial de producir alergias respiratorias, conjuntival o cutánea. Las partículas que más asociadas a estos cuadros alérgicos por medio de inhalación son las esporas, los hongos, el polen, distintos tipos de ácaros, epitelios de animales, entre otras sustancias que afectan directamente la mucosa respiratoria (Terán, Haselbarth y Quiroz, 2009)

Dentro de la microbiota presente en el aire se encuentran esporas, bacterias, restos de animales, polen, hongos, entre otros. Adicionalmente, hay una importante transferencia de ellos y de sus metabolitos gaseosos entre la atmósfera, la hidrosfera y la litosfera. Aunque la atmósfera es un ambiente hostil para los microorganismos, en la troposfera inferior se encuentran el mayor número de ellos, puesto que cuenta con las propiedades apropiadas para su desarrollo. Las nubes poseen agua, intensidad de luz y concentración de CO₂ suficiente para permitir el crecimiento de los microorganismos fotoautótrofos. Los microorganismos pueden ser transportados en forma de bioaerosoles a través del aire, alcanzando grandes distancias y logrando su dispersión mediante fragmentos de hojas, por la polución, fibra de ropa, restos de piel o en gotas de saliva eliminadas al toser, estornudar o hablar. (De la Rosa, Mosso y Ullan, 2002).

6.3. Plantas anemófilas

Existen dos tipos de plantas de acuerdo con el tipo de fecundación, en el primer tipo de plantas el polen tiene la capacidad de fecundar la ovocélula de la misma flor o de la misma planta donde se formó, este tipo de plantas se conoce como plantas autógamas. El segundo tipo de plantas, conocidas como alógamas, se caracteriza porque los granos de polen no pueden fecundar la misma planta, sino que sólo pueden fecundar ovocélulas correspondientes a otras plantas de su misma especie (Tovar, Martínez, Del Real, 2009). La reproducción en plantas alógamas se da por medio de cuatro agentes principalmente,

los que se encargan de transportar los granos de polen desde las anteras hasta el estigma, estos cuatro agentes son los insectos, el aire, las aves y el agua. Así mismo, existen otros tipos de polinizadores tales como los murciélagos y otros mamíferos. Cuando el polen es transportado por insectos, se considera que las plantas son entomófilas, las plantas ornitófilas son aquellas en las que el polen se transporta a través de las aves, las hidrófilas cuando el transporte se da por medio del agua y en las plantas anemófilas el polen es conducido por corrientes de aire (Tejada, Bellet y García, 2008).

Las plantas anemófilas se caracterizan por ser alógamas, es decir, para llevar a cabo su proceso de reproducción utilizan mecanismos de fecundación cruzada. En este tipo de plantas el transporte del polen desde la antera, es decir, desde una parte del órgano sexual masculino, hasta el estigma (parte del órgano sexual femenino) ocurre por medio del aire. Generalmente las flores de estas plantas se ubican en sitios con mayor exposición al viento, puesto que esto favorece su reproducción. El polen producido por las plantas anemófilas es conducido por el aire, una parte de él se mantiene en suspensión y es capaz de viajar grandes distancias. Esto hace que sea uno de los causantes de problemas respiratorios en las personas alérgicas (Tejada *et al.*, 2008).

6.4. Propiedades de los granos de polen

Los granos de polen son células masculinas que tienen una función sexual o reproductiva (Tovar *et al.*, 2009). Un grano de polen puede estar compuesto por una o varias células, estas células constituyen la parte viva del polen y se encuentran protegidas por envolturas inertes. A través de la parte viva se originan los núcleos gaméticos y el tubo polínico, el cual se encarga de favorecer el proceso de fecundación. Por otro lado, la parte inerte también cumple una función vital en el proceso de fecundación debido a que se encarga de proteger la parte viva del grano de polen, de tal forma que sea posible llegar hasta el estigma (Huertas *et al.*, 2013).

Los granos de polen cuentan con una membrana externa que está formada por dos partes llamadas exina e intina (Ver Figura 1). Cada una de estas capas cumple con una función y poseen una composición química diferente (Huertas *et al.*, 2013).

A la capa más interna de las dos se le conoce como intina y se encarga de proteger al material genético. Por su parte, la capa más externa se caracteriza por ser una pared muy resistente la cual no se ve afectada por los cambios en la temperatura que se presentan generalmente en la naturaleza. Adicionalmente, la esporopolenina, material que compone la exina, tiene la capacidad para resistir el contacto de los granos de polen con ácidos y bases, esto se debe a que este material es uno de los más inalterables existentes (De Castro, 2014).

La pared del grano de polen se caracteriza por tener zonas en la que no presenta exina, en estas zonas se encuentran las aperturas de los granos de polen. Estas aperturas tienen la función de facilitar la germinación. Las aperturas presentan dos formas: alargadas, las cuales reciben el nombre de colpos y redondas, denominadas poros (Ramírez, 2013). Los granos de polen pueden presentar más de un poro o colpo e incluso pueden presentar una combinación de uno o más poros y colpos. La cantidad de poros y/o colpos que presente en la exina, su disposición en la superficie del grano de polen, estructura, forma y tamaño son características que determinarán el tipo polínico al que pertenece (Tovar *et al.*, 2009).

LA PARED DEL GRANO DE POLEN

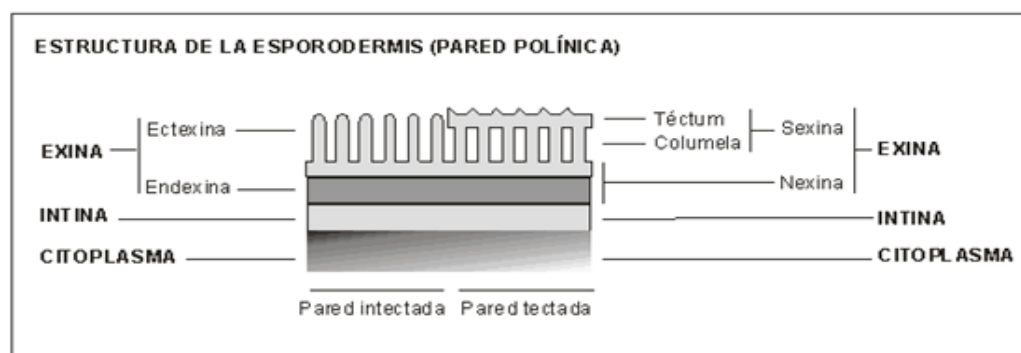


Figura 1. Estructura de la pared de los granos de polen. “Unidad de Botánica, Universidad Autónoma de Barcelona” Por Belmonte y Roure, 2002, p.7. Universidad Autónoma de Barcelona.

La superficie del grano de polen puede tener una morfología muy variada, esto se debe a los diferentes elementos esculturales que puede presentar la exina (Trigo, Melgar, García, Criado y Cabezudo, 2018). Los granos de polen pueden poseer en su superficie gránulos, verrugas, espínulas, espinas, gemas, clavos, báculos y pilas, por lo tanto, se le designa a los granos de polen nombres tales como granuloso, verrucoso, equinulado, equinado, gemado, clavado, baculado y pilado (Docampo, 2008).

Los elementos ornamentales son de mucha ayuda para el proceso de identificación del polen (Ver Figura 2). Cuando el grano de polen carece de estos elementos se denomina *psilado*, asimismo, si se caracteriza por ser rugosa y los elementos de relieve no sobrepasan a 1 micra recibe el nombre de *escábrido*. Conforme a la distribución de los elementos de relieve se dice que se cuenta con un polen *reticulado*. Otro rasgo de estos granos es que los elementos estructurales toman forma de malla o retículo y son conocidos como *estriado* si se organizan de manera lineal, *insulado*, al momento que lo hacen de forma de islotes y *rugulado* cuando se ubican de modo irregular (Bermejo, 2011)

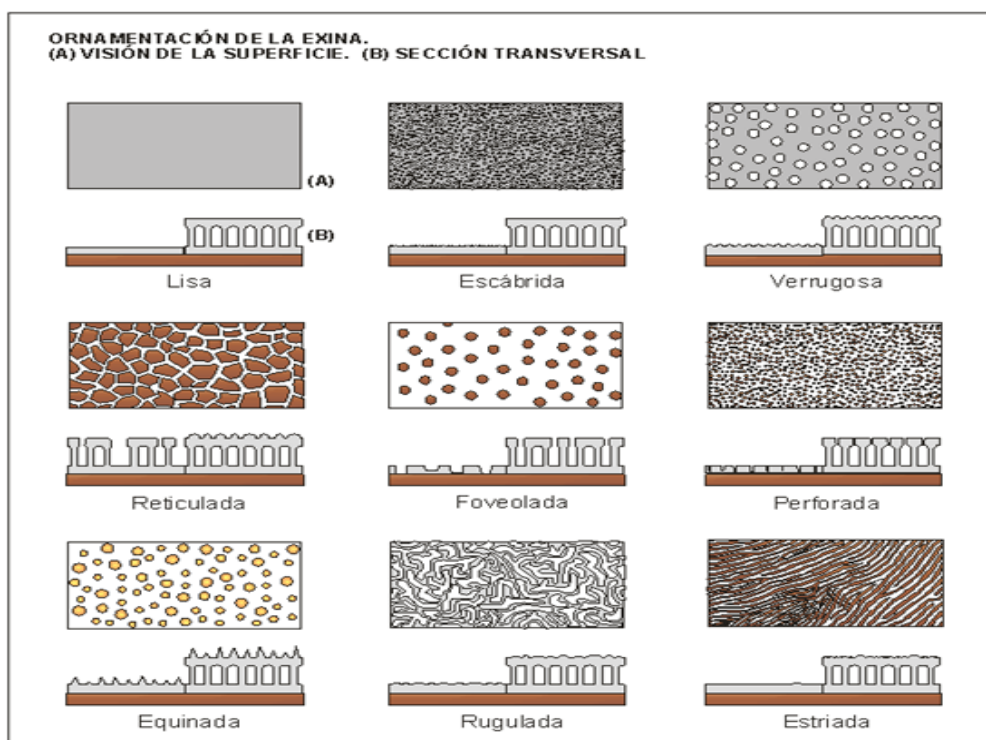


Figura 2. Características de la ornamentación de la Exina. “Unidad de Botánica, Universidad Autónoma de Barcelona”. Por Belmonte y Roure, 2002, p.8. Universidad Autónoma de Barcelona.

❖ Polaridad

El término polaridad, en el polen, hace referencia a la presencia de un eje polar, el cual es conocido como eje imaginario que atraviesa el centro del polen y llega al centro de la tétrade. De esta forma se definen dos caras en el grano de polen, una de ellas se encuentra ubicada en parte inferior del tétrade y es conocida como cara proximal y la otra cara, llamada distal, está situada en el lado externo (Ver Figura 3) (García, 2010).

La mitad de cada una de estas caras es catalogada como polo, distal y proximal. La línea imaginaria de estos dos polos es el eje polar (p) y la línea vertical o recta a nivel del ecuador es considerado el eje ecuatorial (e). Estos dos puntos de referencia sirven de apoyo para establecer sus dimensiones (tamaño, magnitud, anchura, longitud, etc) de los granos de polen (Huertas *et al.*, 2013).

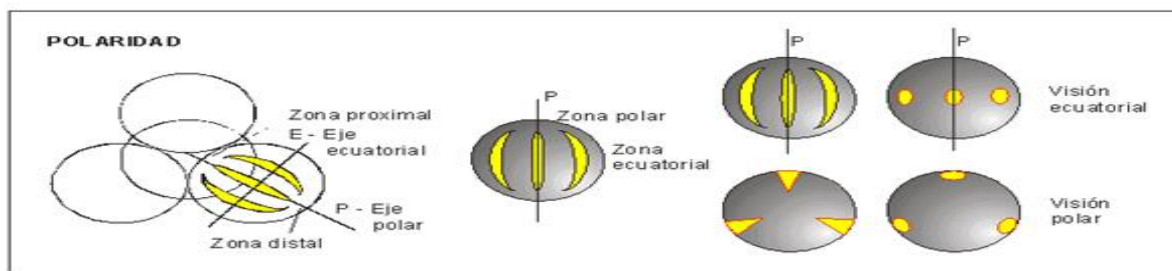


Figura 3. Identificación de las zonas de polar de los granos de polen. “Unidad de Botánica, Universidad Autónoma de Barcelona”. Por Belmonte y Roure, 2002, p.8. Universidad Autónoma de Barcelona.

❖ Formas de los granos de polen

La simetría, la polaridad, el eje ecuatorial y el eje polar (Ver Figura 4) son las variables que determinan la forma de los granos de polen. Existen diversas estructuras para el polen (Ver Anexo 1) tales como: la forma esférica, subesférico, elipsoidal, triangular, trilobado, reniforme, irregular o con alas (Huertas, 2013). No obstante, hay otro modo para describir la morfología del polen de manera exacta (Ver Anexo 1). (Nieto, 2008):

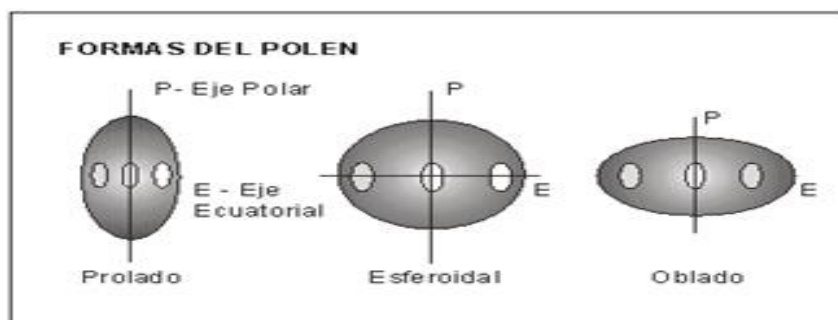


Figura 4. Morfología de los granos de polen. “Unidad de Botánica, Universidad Autónoma de Barcelona”. Por Belmonte y Roure, 2002, p.7. Universidad Autónoma de Barcelona.

❖ Tamaño de los granos de polen

Los granos de polen pueden presentar tamaños variados, incluso si pertenecen a un mismo taxón, es por ello por lo que se utilizan tamaños promedio con un intervalo de confianza del 96% y rangos de tamaños cuando se describen los tipos polínicos. No obstante, el tamaño sigue siendo una de las características relevantes para identificar los granos de polen. El tamaño de los granos de polen de los diferentes taxones varía en un

rango de $<10\ \mu\text{m}$ a $200\ \mu\text{m}$ (Huertas *et al.*, 2013). En la tabla 1 se puede ver con mayor detalle la clasificación por tamaños.

Tabla. 1.

Tamaño de los granos de polen y el índice P/E.

Tamaño	P/E
Gigante	≥ 200
Muy Grande	100-200
Grande	50-100
Mediano	25-50
Pequeño	10-25
Muy pequeño	<10

Nota. Variaciones del tamaño de los granos de polen Recuperado de Estudio aerobiológico de Motril, por Granada., 2008.

❖ Aberturas de los granos de polen

La identificación de los granos de polen se fundamenta principalmente en el tipo de abertura que el grano de polen tiene, y por sus áreas definidas, dentro de las cuales se encuentra la exina, que se caracteriza por ser un área delgada de la pared polínica, mientras que la intina se cataloga por ser más gruesa. Esta propiedad del polen permite un intercambio iónico de la parte interna del polen con la parte externa, por medio de ellos usualmente surge el tubo polínico al instante de la polinización. La aparición del tubo polínico de manera satisfactoria se encuentra mayormente vinculado con fenómenos tales como la anchura o adelgazamiento de la pared del grano de polen (Huertas *et al.*, 2013).

Existen dos tipos de aberturas simples en los granos de polen, una de ellas tiene forma alargada y recibe el nombre de colpo, el otro tipo de abertura tiene forma esférica y recibe el nombre de poro (Ver Figura 5). Algunos granos de polen pueden presentar aberturas compuestas por colpos y poros (Huertas *et al.*, 2013).

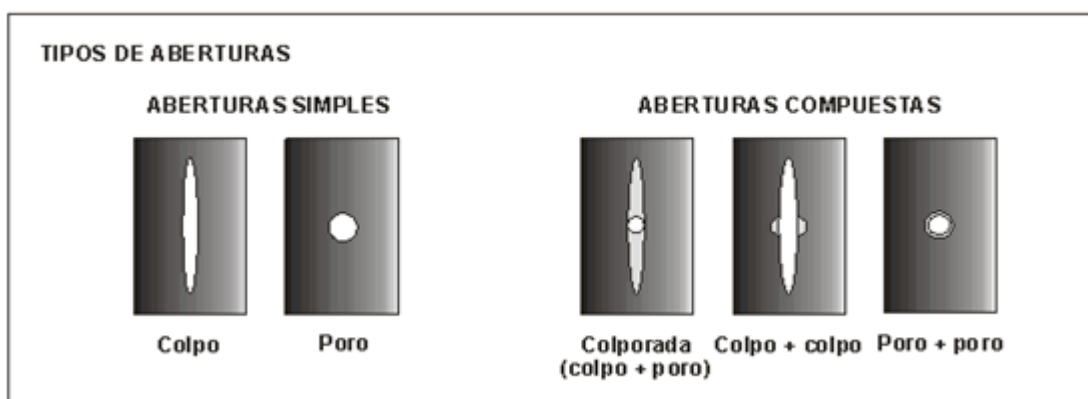
ABERTURAS DE LOS GRANOS DE POLEN

Figura 5. Características de las aberturas de los granos de polen. “Unidad de Botánica, Universidad Autónoma de Barcelona” Por Belmonte y Roure, 2002, p.7. Universidad Autónoma de Barcelona.

❖ **Tipos polínicos según el número y disposición de las aberturas**

La descripción de la apertura del polen se fundamenta primordialmente en el sistema NPC (Número, Posición, Carácter) o en los siguientes aspectos: Estructura y Forma (Ver Anexo 2 y figura 6).

Número: Tomando como referencia el número de aperturas que posee el grano de polen y dejando a un lado las características y la forma de éstas, se ha creado la siguiente terminología: monotreme, ditreme, tritreme, tetratrema, pentatrema, hexatrema, etc. El término treme en griego tiene como concepto apertura o poro (De Castro, 2008).

Posición: Considerando la ubicación de las aperturas se establecen los siguientes términos: catatrema (apertura proximal), anatrema (apertura distal), zonotrema (apertura alrededor del plano ecuatorial) y pantotrema (apertura en toda la zona de la superficie) (De Castro, 2008).

Carácter: Se encuentra constituida por una apertura simple o compuesta (De Castro, 2008).

6.4. Taxones polínicos

En la tabla 2 se pueden observar las características de los principales tipos polínicos de la ciudad de Barranquilla.

Tabla 2.

Características de los principales tipos polínicos de la ciudad de Barranquilla.

Tipo polínico	Características
<i>Gramínea</i>	<p>Las Gramíneas forman parte del grupo de plantas angiospermas, es decir, plantas con flores, se encuentra en climas templado (Subiza., 2003). El 50% del polen que se encuentra en la atmósfera es de gramíneas, ocasionando un sinnúmero de patología alérgicas en las personas. De acuerdo con un estudio realizado en Jaén el 74.3 % de la población con polinosis es alérgica a este tipo polínico (Ruiz y Valenzuela, 2009). Su floración se presenta de febrero a noviembre, y su mayor concentración de este polen son de abril a julio. (Ruiz y Valenzuela, 2009).</p>
<i>Moraceae:</i>	<p>Es una de las familias con mayor presencia de arbóreos. Se estima que hay subgéneros que habitan en América dentro de los cuales se encuentran los <i>Urostigma</i> (120 especies) y <i>Pharmacosycea</i> (sección <i>Pharmacosycea</i>, 20 especies). (Tenorio, González, Piedra y Luna, 2012). Los cuales incluyen árboles, arbustos y hierbas. La época que esta planta florece es de septiembre a diciembre; el polen de la <i>Moraceae</i> se disipa de manera abrupta lo cual facilita la polinización anemófila (Ramírez y López, 2010) citado en Calvi, 2013)</p>
<i>Piperaceae</i>	<p>Esta familia se encuentra distribuida en la zona pantropical; comprende unas 1.300 especies de los trópicos húmedos y cálidos de todo el mundo, en Sudamérica y Malasia por 10 a 12 géneros se puede observar que esta familia comprende un número extenso de árboles alto, hierbas, sufrútices, arbustos. Se considera que la época de floración de esta familia es en abril, junio, octubre, noviembre, y sus frutos son reproducidos en mes de julio y noviembre (Trujillo y Posada, 2015).</p>

La familia Amarantácea se encuentra ampliamente representada en Colombia por 14 géneros, 49 especies y siete variedades. se encuentra principalmente en la región Caribe y Andina. Los principales géneros presentes en este país son: *Alternanthera*, *Amaranthus* y *Pfaffia* (Agudelo, 2008). Su polen se manifiesta en los meses de marzo y octubre, esta familia es considerada por diversos autores la causante de síntomas alérgicos incluso en concentraciones bajas (Ferrer *et al.*, 2012).

Amarantácea

La familia *compositae* es una de la más variada entre las angiospermas, o plantas con flores. Comprende unos 1,700 géneros y alrededor de 25,000 especies. En Cundinamarca-Colombia habitan cerca de los 31 géneros de la familia *Asteraceae* (Gómez y Galeano, 2005). La polinización de esta familia suele ser entomófila, y a veces es efectuada por las aves o por el viento debido a que presenta un polen muy seco y de fácil dispersión (Ferriol y López, 2016)

Compuesta

Es un género de maleza anemófila que se desarrollan en las áreas subtropicales del mundo. Pertenece a la familia *Polygonaceae* cuenta con alrededor de 160 especies, con un considerable número de razas geográficas que pueden ser interpretadas como subespecies (Gómez *et al.*, 2003). Diversos estudios demuestran que el polen de *Rumex*, se presenta en el aire de Madrid desde mediados de marzo hasta finales de julio, tiene una incidencia relativamente pequeña (Santiago, 2016).

Rumex spp

Se encuentra distribuido en las regiones templadas y zonas tropicales. El periodo de floración de las diferentes especies del género es relativamente amplio, que se desarrolla desde principios de la primavera hasta finales del verano (González, Valencia, Vega y Fernández, 2014). Este tipo polínico está

Plantago

considerado muy alergógeno junto al de olivo y gramíneas (Ruiz, Trigo, Castillo, y Jiménez, 2015).

Cecropia

Es un género de árboles que cuenta con 61 especies distribuidas en las regiones tropicales del continente americano desde el sur de México hasta el norte de Argentina. En Colombia hay 37 especies y la región pacífica cuenta con 12 de estas especies. La polinización se efectúa a través del viento. (Linares & Moreno, 2010).

Crotón

El género *Crotón* forma parte de la familia Euphorbiaceae. Se encuentra constituida por 320 géneros y 8100 especies en las cuales se incluyen árboles, hierbas y lianas. Cuenta con una gran distribución en el continente americano, Asia y África en las zonas tropicales y templadas del planeta (Ramón, 2009; Coy, Gómez, y Castiblanco, 2016).

Nota: En la tabla 2 se presentan los tipos polínicos y sus principales características.

6.5. Flora característica de la ciudad de Barranquilla

El departamento del Atlántico solo cuenta con relictos boscosos que cubren el 15.5% de su superficie. La flora representativa del área de la ciudad de Barranquilla y algunos municipios vecinos se ha visto afectada con el pasar del tiempo por la transformación y su uso especialmente de los tipos maderables (UPME, 2013).

Debido a la existencia de ciénagas en la región aún predominan especies acuáticas dentro de las cuales se encuentra la taruya (*Eichornia azurea* k.), la lechuga de agua, la lengua de vaca buchón de agua (*Eichornia crassipes*), enea (*Typha angustifolia*), bijao (*Heliconia spp*) (CRA, 2016).

Adicionalmente las plantas terrestres presentes en este departamento que representan en su mayoría el bosque seco tropical son: el almendro (*Terminalia catapa*),

el trupillo (*Prosopis juliflora*), el totumo (*Crescentia cujete L*), palma de corozo (*Bactris major*), caracolí (*Macaranga excelsa*), campano (*Samanea samán*), roble morado (*Tabebuia entaphylla*), Calabazuelo, Quebracho, Guayacan, suan (*Ficus dentrocida*), higuerón (*Ficus radula*) y olla de mono (*Lecythis minor*). *Acacia farnesiana*, *Prosopis juliflora*, *Randia aculeata* de un lado y *Pseudobombax septenatum*, *Bursera simaruba*, *Bursera tomentosa*, *Spondias mombin*, *Tabebuia chrysantha* *Astronium graveolens* y *Platymiscium pinnatum* de la otra, Mango (*Mangifera indica*), Palma de vino (*Scheelea excelsa*), Matarratón (*Gliricidia septum*), Guinea (*Panicum máximum*), Grama (*Cynodon gayana*), Naranjero (*Alternanthera flavescens*) (CRA, 2016).

En la tabla 4 (ver anexos) aparecen relacionadas la vegetación observada dentro del área de estudio.

6.6. El polen y los efectos a la salud

En la actualidad se emplea el término de polinosis para nombrar a las alteraciones o trastornos alérgicos provocados por la inhalación de polen. El polen desencadena un impacto negativo en el ambiente cuando se encuentra inmerso en la atmósfera. Esto se debe a que es una de las principales causas de problemas alérgicos que afecta a un elevado porcentaje de la población (Santiago, 2016). Las personas afectadas por la alergia al polen están aumentando en todo el mundo (Lucas, Gutiérrez, Alfaya, Feo y Gutiérrez, 2019).

El potencial alergénico del polen radica en los propios granos de éste, dado que estos se depositan en las mucosas. A través de estudios aerodinámicos se ha estimado que partículas con un tamaño superior a 10 µm quedan retenidas en las vías respiratorias superiores (Zubeldia *et al.*, 2012). De acuerdo con Arias, (2002): “Se ha planteado la posibilidad de que exista una fracción de partículas (micrónicas) de pequeño tamaño

(diámetro entre 2-5 μm) que conteniendo fracciones alergénicas fueran capaces de penetrar en el árbol bronquial y con ello desencadenar síntomas de asma”.

Las principales afecciones alérgicas asociadas con la exposición al polen son la rinitis alérgica, oculorinitis, rinoconjuntivitis, asma, edema, urticaria y anafilaxia (Terán, Haselbarth, y Quiroz, 2009; Lucas, *et al.*, 2019).

La rinitis alérgica afecta al 30% de la población de países desarrollados. Se ha demostrado que más del 50% de los pacientes con rinitis alérgica perenne están sensibilizados a los alérgenos del polen. (Lucas *et al.*, 2019).

Esta enfermedad genera estornudos, secreción nasal acuosa, picor de nariz y congestión nasal. Es muy frecuente que la rinitis alérgica se presente junto a la conjuntivitis alérgica, cuyos síntomas son lagrimeo, picor ocular y enrojecimiento conjuntival (Zubeldia *et al.*, 2012).

El asma alérgica es considerada como la segunda enfermedad alérgica más importante debido a su frecuencia. Adicionalmente, se trata de una enfermedad crónica la cual puede derivar en crisis asmáticas, afectando al 10% de la población infantil y al 5% de la población adulta. Esta enfermedad genera síntomas tales como: tos, dificultad respiratoria, ruidos inspiratorios y espiratorios torácicos (Zubeldia *et al.*, 2012).

Existen artículos científicos en los cuales se plantea que los altos niveles de contaminación atmosférica en las grandes metrópolis, debidas al tránsito vehicular y a las emisiones de las grandes industrias, han potenciado la sensibilidad del tracto respiratorio a los aeroalérgenos inhalados en pacientes atópicos. La exposición a los contaminantes criterio afecta la mucosa y el mecanismo de limpieza mucociliar, esto contribuye que haya un fácil acceso de los alérgenos al tracto respiratorio. En pacientes susceptibles, estos cambios potencian la presencia de enfermedades respiratorias. Por otro lado, los

contaminantes atmosféricos generan alteraciones en los granos de polen, incrementando así, su potencial alergénico (Terán *et al.*, 2009; D'Amato *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2019)

6.7. Medidas preventivas implementadas como resultado del monitoreo del polen

Debido a la consciencia que se ha generado sobre los efectos del polen como desencadenante de enfermedades alérgicas, la Comisión Regional de prevención y Control del Asma vio la necesidad de crear un dispositivo de vigilancia de la concentración de polen diarios a lo largo del año en la atmosfera. Es por ello que se creó en la Red Palinológica de la Comunidad de Madrid, en 1992 (Santiago, 2015, Oduber *et al.*, 2019).

El objetivo de esta red de muestreo de polen es el conocimiento del contenido polínico de la atmósfera del territorio de la Comunidad de Madrid. A través de esta red se puede obtener el espectro polínico que incide sobre la población afectada de polinosis en cada zona de nuestra área geográfica y en cada momento del año. Estos datos tienen gran relevancia para el proceso diagnóstico y tratamiento de las alergias.

Adicionalmente, permiten tomar medidas preventivas a fin de disminuir el nivel de exposición de los pacientes alérgicos (Santiago, 2015).

Algunas de las acciones preventivas que deben tomar los pacientes para reducir su exposición masiva al polen son las siguientes:

1. En sus residencias: Cerrar las ventanas durante la noche mientras pasa la época de polinización, para que la concentración de polen en el aire que respiran cause efectos mínimos.
- En la medida de lo posible, estar al interior de sus casas o en lugares cerrados, ya que en estos la concentración del polen es mucho menor.
- Utilizar dispositivos o artefactos purificadores de aire al interior de sus viviendas.

- No secar ropa en exteriores, para evitar que el polen no se adhiera mientras está húmeda.

2. Prevención en exteriores o intemperie

- Reducir actividades al aire libre y evitar exponerse a ambientes naturales como parques, jardines, bosques o zonas montañosas en época de polinización.
- Si viaja en automóvil, mantener las ventanas cerradas, para evitar que ingrese aire con concentraciones de polen a su auto y por ende a su sistema respiratorio.
- Si es imperativo exponerse a la intemperie, utilice lentes de sol y tapabocas. (Huertas *et al.*, 2013).

6.8. Influencia de las condiciones meteorológicas en el comportamiento aerodinámico de los granos de polen.

Durante el invierno y el otoño la pluviosidad propicia la mayor o menor germinación y desarrollo de las plantas, por este motivo, se emiten determinada la cantidad de pólenes en la atmósfera. Adicionalmente, en la etapa de polinización las concentraciones de polen por el aumento de la temperatura se multiplican días soleados y se reducen con la lluvia o el frío. Al iniciar la mañana (7-10 horas) suelen detectarse las mayores concentraciones de polen debido al proceso de emisión es decir su funcionamiento biológico de la planta, y al atardecer, ya que, al enfriarse el aire, los granos de pólenes empiezan a declinar a la superficie. Las concentraciones de polen en las zonas rurales suelen ser inferiores a las presentes en las ciudades, a causa del efecto barrera que provocan las elevadas edificaciones al frenar la penetración. Por otro lado, el calor emitido por el cemento y el asfalto que forma elevadas corrientes de aire que transportan los pólenes a la parte más alta de la atmósfera. No obstante, las turbulencias formadas en las diferentes ciudades por la circulación de los vehículos o el viento a

través de las calles pueden incrementar la exposición a los granos de polen (Valero y Picado, 2002).

La incidencia de cada especie de polen en la salud humana se debe a diferentes factores dentro de los cuales cabe mencionar el tamaño de este grano de polen, la vegetación que se presente en cada lugar y las condiciones meteorológicas relativa (Vélez, 2017).

La cantidad de polen emitido se convierte en partículas aerotransportada y son sometidas o dependen de la velocidad del viento, la temperatura, la lluvia, precipitación y humedad relativa (Vélez, 2017).

- ❖ La humedad relativa: reduce la influencia del polen aéreo, dado que aumenta la densidad de los granos, al momento de recibir agua el protoplasto se expande y rellena todo el interior de la exina; con la mayor densidad aumenta la velocidad de sedimentación del polen (ley de Stokes). Adicionalmente, el incremento del volumen de agua disminuye la liberación de polen de las anteras (Rica, 2003)
- ❖ La temperatura y la radiación solar: son las principales responsables para el inicio de la floración en plantas termófilas, ya que estas florecen cuando hayan obtenido cierta cantidad de calor acumulado de acuerdo con un umbral y de un determinado momento. La cantidad mínima de temperatura en la que la planta empieza a almacenar calor se ve influenciada por la zona geográfica donde se reproduce y de sus condiciones ambientales (González *et al.*, 1993; Jato *et al.*, 2002; García *et al.*, 2010). Asimismo, cada una de las plantas necesita sobrepasar la cantidad mínima de temperatura específico para que se efectúe la apertura de las anteras. La antesis y emisión de polen transcurre en al mediodía, cuando las temperaturas alcanzan los valores más elevados. Una disminución brusca de la temperatura puede dilatar la apertura de las anteras y evitar la emisión de los granos de polen. Por otra parte, las

altas temperaturas benefician a los fenómenos convectivos que permiten el traslado de las partículas verticalmente y aumenta la probabilidad de que estos permanezcan en la atmósfera (Galán *et al.*, 2000; De Castro, 2014)

❖ Velocidad del viento: el viento actúa directamente en la dispersión y transporte de los granos de polen de plantas anemófilas. Por lo general y dentro de algunas categorías, la cantidad de polen presente en la atmósfera se incrementa en el momento en que aumenta la velocidad del viento (García, 2010) y se disminuyen si se reduce la velocidad del viento. Por tanto, se puede decir que la concentración del polen y la velocidad del viento es directamente proporcional. (Cour *et al.*, 1999; Palacios *et al.*, 2000; Damialis *et al.*, 2005; Rojo *et al.*, 2015; Gharbi, 2018) Asimismo, el viento Adicionalmente puede facilitar la reflatación del polen que se encuentra sedimentado. Así se puede observar también el papel importante que juega en la polinización anemófila de algunas plantas debido a que el polen se libera al aire y, por lo general, queda atrapado en la capa baja de la atmósfera y es transportado por el viento. (De Castro, 2014).

❖ Precipitación: Por otra parte, se debe tener presente que las lluvias actúan como “limpiadoras” de la atmósfera logrando la sedimentación del polen. La mayor o menor incidencias de los aspectos antes mencionados en los fenómenos aerobiológicos se verá sujeto al momento fenológico de cada planta, a las circunstancias de tiempo, modo, lugar, de la intensidad, etc. Si se da una sequía prolongada, sobre todo la edáfica, esta podría producir estrés hídrico en toda vegetación. Tomando como referencia que cada planta tiene unas necesidades mínimas de precipitación para poder iniciar su ciclo de crecimiento anual. La evaporación y la sequía pueden llegar a provocar efectos similares en las plantas. Adicionalmente, La precipitación actúa como supresora de la emisión de los granos de polen en la atmósfera (Vélez, 2017).

6.9. Redes de monitoreo aerobiológico.

Para implementar un estudio aerobiológico se debe utilizar una técnica de muestreo que facilite "capturar" las partículas que se encuentran en la atmósfera. A través del tiempo se han empleado distintos procedimientos, desde técnicas con un simple portaobjetos impregnado con una sustancia adherente expuesto sin ningún soporte específico hasta métodos moleculares especializado, pasando por instrumentos cuya finalidad es separar las partículas del aire y retenerla en una membrana o filtros de gasa o siendo succionada y agregada en una superficie adhesiva (Belmonte, 2003).

Aunque existen distintos métodos de estudio, la integración en los últimos años de redes nacionales e internacionales que se encarga de asociar diversos grupos de trabajo e investigaciones realizadas de aerobiología esto ha conllevado a una estandarización o llevar modelo específico de trabajo. Así, en la región europea, la mayor parte de las redes regionales, nacionales e internacionales dedicados a investigaciones agrobiológicas con aplicación clínica se han ajustado a la metodología Hirst (Belmonte, 2003).

El captador volumétrico de tipo Hirst de marca Lanzoni, modelo VPPS 2000 (ver Figura 6), se caracteriza por ser un muestreador de impacto por succión el cual necesita conectarse a la red eléctrica ha sido construido para recolectar pólenes, esporas y otras partículas que posean un diámetro entre los 1 y 100 μm (Galán *et al.*, 2007).

El captador Lanzoni VPPS 2000 está basado en un sistema de aspiración continua de aire al interior del captador con un flujo de succión de 10 litros/min a través de un orificio de 14 x 2 mm; haciéndolo impactar contra una superficie receptora que se conoce como cinta muestreadora Melinex®. Esta cinta tiene un ancho de 19 mm y se encuentra ubicada sobre un soporte circular llamado tambor. Para poder impregnar y retener las partículas, se agrega en la cinta una fina capa de silicona con la ayuda de un pincel para

que las partículas que son succionadas hacia el interior del aparato se fijan en ella (Belmonte, 2003).

Posteriormente se dispone el tambor ya listo en el interior del muestreador el cual gira a razón de 2 mm/hora debido a que posee un mecanismo de relojería. Lo que hace que las partículas impulsadas a la cinta muestreadora logren ser retenidas de manera secuencial. Esta película plástica es cambiada una vez a la semana por otra. La cinta que contiene la muestra es cortada en los fragmentos correspondientes a cada día de la semana y cada fracción es ubicada en un portaobjetos, teñido y fijado. Finalmente es analizado en un microscopio óptico (Belmonte, 2003).

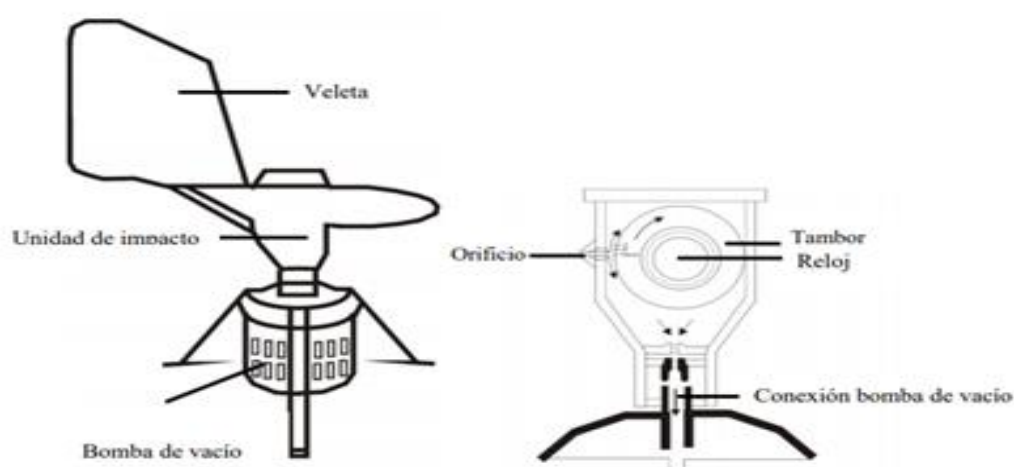


Figura 6. Identificación del Aparato volumétrico tipo Hirst y sus partes. Galán, Carriñanos, Alcázar y Domínguez., 2007. Manual de Calidad y Gestión de la Red Española de Aerobiología. Universidad Autónoma de Córdoba, p,14.

Otro componente de este equipo es la veleta la cual se ubica en la parte exterior del equipo esta se encarga de proteger la unidad de impacto y su labor es que el orificio de entrada se encuentre en dirección de los vientos dominantes. De esta forma, la efectividad de atraer las partículas que son aerotransportadas con las corrientes de aire es mayor.

Otro rasgo de este equipo es, la bomba de vacío facilita absorber la cantidad de aire establecido, graduable desde un sistema de ajuste. El cual es modificado para el análisis

de las partículas aerotransportadas en la atmósfera con un flujo de 10 litros/min, semejante a la capacidad que tiene un pulmón humano de absorber una cantidad de aire (Galán *et al.*, 2007).

Debido a la incidencia que tiene el polen como alérgeno en procesos asmáticos y alérgicos en la salud humana, la Comisión Regional de prevención y Control del Asma propone que es necesario de construir un mecanismo de vigilancia de los niveles polínicos diarios que se encuentran presentes a lo largo del año en el aire que respiramos. De la cual se puede obtener la influencia del espectro polínico en la población afectada en cada zona de nuestra área geográfica. Datos que son de gran interés en relación con el diagnóstico y tratamiento de la afección, así como para la posible adopción de medidas preventivas. Es por ello que se creó en 1992 la Red Aerobiológica (Santiago, 2015) que tuvo como resultado colocar en marcha el sistema de cooperación entre las diferentes estaciones que se encargan del control aerobiológico que en ese instante existían en España. Uniendo los criterios metodológicos y, lo más importante, proporcionando información aerobiológica útil para ser divulgada por diferentes medios y brindar la posibilidad de que estos datos sean usados por los médicos alergólogos que los soliciten. Actualmente, la Red Española Aerobiológica está conformada por 40 estaciones de control distribuida en distintas partes de la Península Ibérica. Desarrollando diferentes proyectos de Investigación coordinados (Galán *et al.*, 2007).

De igual manera, en Europa existen redes de vigilancia de la incidencia de polen atmosférico. Estas redes se crearon en los años 80, para dar solución al incremento de enfermedades de tipo alérgica que se presentaron debido a la revolución industrial que tuvo lugar en esta época. Adicionalmente, se manifiestan en algunos países Europeos las Redes Nacionales que se encargaba del control aerobiológico de la atmósfera. Estas asociaciones se establecen porque tienen como objetivo coordinar los diferentes trabajos

e implementar una base común de los datos aerobiológicos para ser divulgada a personas o grupos interesados y colaborar, con la información originada, a la red europea EAN-EANS-EPI (European Allergy Network-European Allergy Network Server-European Pollen Information). Las cuales se encargan de:

La finalidad de la EAN" es realizar de un banco de datos continentales con todos los recuentos polínicos de los Centros integrantes. De acuerdo con los datos obtenidos la "EANS" los divulga por diversos medios de comunicación Europeos. Finalmente, la "EPI", por medio de técnicas avanzadas de informática, elabora mapas semanalmente de la concentración polínica de todo el continente europeo (Galán *et al.*, 2007).

Análogamente, fue creada también la Red Andaluza de Aerobiología (RAA), de la que hoy en día, hace parte los Servicios de Aerobiología de las ocho Universidades andaluzas. Dentro de sus objetivos se encuentra brindarles a los pacientes que tienen alguna afectación alérgica por el polen un servicio rápido de los datos referente a la forma como se encuentra actualmente los niveles de polen en todo el territorio andaluz. Asimismo, efectuar rápidamente pronósticos sobre la situación y dispersión en días posteriores tomando como referencia las características meteorológicas del instante e información polínica recolectada en años anteriores.

La REA y RAA participan en las Redes europeas EAN-EANS-EPI, teniendo iguales condiciones y teniendo en cuenta los mismos objetivos que los demás Centros europeos (Galán *et al.*, 2007).

7. Metodología.

7.1. Área de estudio

El área de estudio fue la ciudad de Barranquilla, denominada como Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla, es la capital del departamento del Atlántico, Colombia. La ciudad de Barranquilla está localizada sobre el margen occidental del río Magdalena a 7,5 km de su desembocadura en el mar Caribe. Esta ciudad está ubicada en las coordenadas geográficas Latitud: 10° 59' 16" N, Longitud: 74° 47' 20" O (Mincomercio, 2015). La ciudad de Barranquilla se encuentra dividida en 5 zonas: Río Mar, Norte Centro Histórico, Sur Occidente, Sur Oriente y Área Metropolitana. De acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE, (2018), la Zona Norte Centro Histórico corresponde a la zona con mayor superficie de la ciudad de Barranquilla, ubicada en el extremo Centro-Oriental de la ciudad, limitando al Nororiente con el margen occidental del Río Magdalena.

El equipo muestreador utilizado se ubicó en la azotea del bloque 9 de la Universidad de la Costa, CUC, en las coordenadas 10°59'42.7"N, 74°47'26.8"W (ver Figura 8), en la azotea.

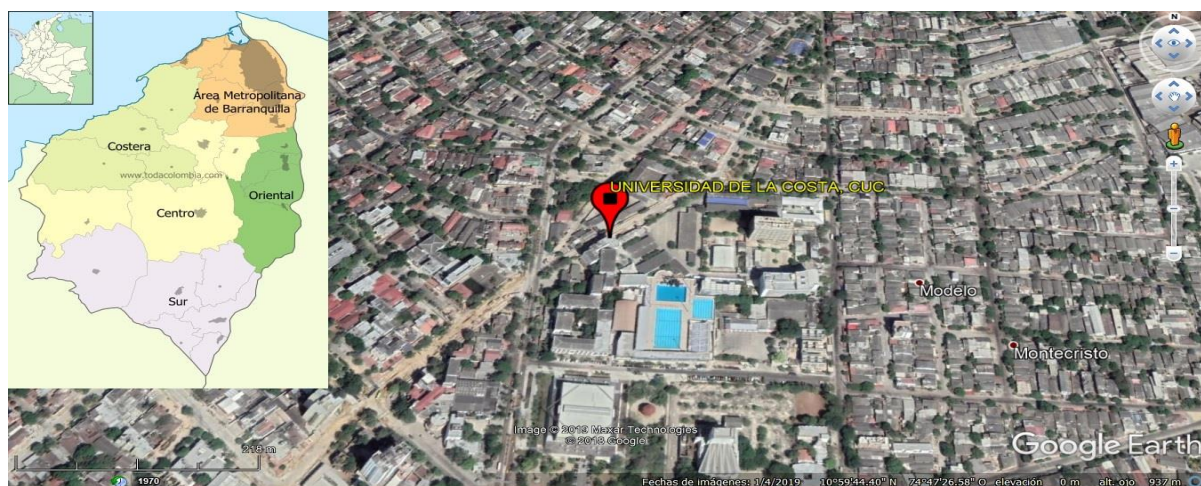


Figura 7. Vista satelital de la localización del sitio de muestreo (Universidad de la Costa, CUC). Barranquilla, Atlántico. Por Google Earth, 2019.

7.2. Determinación de la composición polínica del aire de la zona Centro Histórico de la ciudad de Barranquilla

La toma de muestras se llevó a cabo durante los meses de junio y julio de 2018. El equipo utilizado para fue el captador de partículas tipo Hirst, marca Lanzoni modelo VPPS 2000. De acuerdo con la metodología propuesta en el Manual de Calidad y Gestión de la REA, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos para la ubicación del muestreador (ver Figura 9):

- ❖ El equipo se debe colocar sobre una superficie horizontal, plana, de fácil acceso, evitar que los edificios colindantes hagan de pantalla e impidan el flujo libre del aire.
- ❖ El muestreador debe ubicarse encima de un edificio a una altura que depende de la ciudad y de la altura de los edificios circundantes al emplazamiento seleccionado para evitar los efectos del rozamiento de las capas de aire.
- ❖ Por último, se debe evitar instalar el aparato cerca del borde del edificio para eliminar en lo posible las turbulencias generadas por el choque del viento contra el obstáculo (Galán *et al.*, 2007).

Para la determinación de la composición polínica en la zona de estudio se utilizó la metodología propuesta en el Manual de Calidad y Gestión propuesto por la Red Española de Aerobiología (REA) (Galán *et al.*, 2007).

Con base a los resultados de la concentración diaria se realizaron gráficos de frecuencia mensual de los taxones polínicos identificados de polen siguiendo la metodología propuesta por la Universidad de Jaén Facultad de Ciencias Experimentales (García, 2014).



Figura 8. Muestreador volumétrico Lanzoni VPPS 2000 ubicado en la azotea de la Universidad de la Costa, CUC. Fuente Autores.

7.2.1. Toma de muestras.

Se ubicó la cinta de muestreo sobre el soporte circular del equipo, añadiéndole silicona para fijar las partículas succionadas por el muestreador. Se trasladó el cabezal a la azotea del bloque 9 de la Universidad de la Costa.

La muestra fue retirada pasado 8 días a la misma hora en que se puso a funcionar el equipo. Se prepararon las muestras recolectadas en el laboratorio, fijándolas en la regla de montaje. Se cortó la cinta en 7 fragmentos de 48 mm de largo que corresponden a los días muestreados. Una vez cortados, se realizó el montaje sobre portaobjetos fijando las muestras agregándole Gelatina con fucsina. Finalmente se colocó el cubreobjeto y es sellada la muestra con un esmalte para protegerlas. Se procedió a realizar la visualización de los granos de polen presentes por medio del microscopio óptico Leica 750M de contraste (Belmonte, 2003).

7.2.2. Identificación de las muestras

Se efectuó el análisis de cada muestra con la ayuda del microscopio DM750 Leica de contraste con el objetivo 40x y el ocular 10x. Se tomó como referencia el método establecido por la REA (Galán *et al.*, 2007). Para ello se hizo una cuantificación de los

granos realizando cuatro barridos de forma horizontal por toda la muestra de manera continua.

En una hoja de Excel se cuantificaron los tipos polínicos identificados en cada una de las muestras de acuerdo con su taxonomía. Para la identificación de los tipos polínicos se implementó el uso de literatura y atlas como base de apoyo. Mediante esta literatura se comparaban la estructura, el tamaño y la forma de los granos de polen encontrados con el contenido bibliográfico de referencia (Galán *et al.*, 2007).

7.2.3. Medición de la concentración de los granos de polen

Los cálculos de la concentración de los granos de polen se realizaron en base a la metodología Hirst, tal como se muestra a continuación (Belmonte, 2003):

Cálculo de la concentración media polínica diaria

$$C = N * (Am/Aa)/v$$

Donde

C = concentración media polínica diaria (P/m^3)

N = número de granos de polen contados en el área analizada (P)

Am = área de la muestra (mm)

Aa = área analizada (m^2)

v = volumen de aire analizado por día (m^3)

Cálculo del área analizada

$$Aa = 4(l * w)$$

Donde

l = largo del área analizada (mm)

w = valor del objetivo de 40X del microscopio (mm)

Cálculo del área de la muestra

$$Am = I * l$$

Donde

I = ancho del área de la muestra (mm)

l = largo del área de la muestra (mm)

Cálculo del volumen de aire analizado por día

$$v = cc * t$$

Donde

v = *volumen de aire analizado por día* (m^3)

cc = *caudal de captación del equipo* (l/min)

t = *tiempo de captación diario* (h/día)

7.3. Evaluación de la influencia de las variables meteorológicas.

Para evaluar si existía o no relación entre la concentración de granos de polen y los datos meteorológicos se hizo el seguimiento de la temperatura, la humedad, la precipitación, la velocidad del viento, la dirección del viento y la radiación solar en la estación meteorológica Davis Instruments modelo: Vantage Pro2 de la Universidad de la Costa durante los meses de junio y julio de 2018.

Los resultados obtenidos fueron consolidados en una base de datos en Excel para posteriormente analizar estadísticamente la influencia de las condiciones meteorológicas en la concentración de polen presente en el aire durante los meses de muestreo.

7.4. Construcción de Palinoteca

Para realizar la colección de referencia del polen se utilizó la metodología por Rivera y Macias (2009). Se recolectaron muestras de las plantas que se encontraban en periodo de floración durante el tiempo de muestreo comprendido entre junio y julio de 2019. El muestreo del polen se realizó en el mismo periodo en que se llevó a cabo el monitoreo del polen mediante el captador volumétrico tipo Hirst, Lanzoni VPPS 2000. Esto con la finalidad de que las muestras tomadas para la construcción de la palinoteca fuesen similares a los tipos polínicos encontrados durante el monitoreo aerobiológico.

Se tomaron muestras en el área metropolitana de la ciudad de Barranquilla y en el área circundante del Centro Histórico de la ciudad de Barranquilla, tal como se observa en la Figura 10. Adicionalmente, se recolectaron muestras de polen en el Parque Biotemático Megua, debido a que es una reserva de Bosque Seco Tropical y en ella se

encuentran la mayoría de la flora presente en el Departamento del Atlántico (De la Rosa, 2016).



Figura 9. Vista satelital de los puntos de muestreo de polen para la palinoteca. Fuente Google Earth.

Para la recolección se retiró las anteras de las flores, se extrajo la muestra de polen y se adicionó en un portaobjeto. Seguidamente, se agregó alcohol para deshidratarla. Posteriormente se añadió glicoglicerina con fucsina a la muestra para luego colocar el cubreobjeto.

Finalmente, estos ejemplares fueron sellados con esmalte. Una vez montadas las muestras se dejó transcurrir un tiempo prudente para que la glicerogelatina se consolidara, para analizar los tipos de pólenes presentes en estas plantas, por medio del microscopio óptico de 40x de contraste.

7.5. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante una prueba de correlación de rango de Spearman no paramétrico para conocer el grado de asociación existente entre las variables meteorológicas y las concentraciones diarias de los tipos polínicos identificados durante el

muestreo. Se seleccionó el coeficiente de correlación para realizar el análisis debido a que este tipo de prueba estadística es utilizada para evaluar la relación monótona entre dos variables, es decir, cuando las variables tienden a cambiar al mismo tiempo, pero no necesariamente cambian a un ritmo constante. Esta prueba es apropiada para el estudio dado que describe tanto la intensidad o fuerza de la asociación como la dirección de la relación entre las variables, las cuales no necesariamente son lineales (Gharbi, 2018; Rahman *et al.*, 2019; González *et al.*, 2019).

El coeficiente de correlación de Spearman es un método estadístico no paramétrico, esto se debe a que no exige la suposición de que la población de la cual fue extraída la muestra corresponde a una distribución normal para inferir conclusiones sobre la población objeto de análisis. Este método no paramétrico es utilizado cuando las muestras de una variable no se ajustan a una distribución normal o cuando se desconoce la distribución de la población de la cual se obtiene la muestra (Mondragón, 2014).

La relación entre el polen presente en la atmósfera y su concentración a lo largo del tiempo no presenta una distribución normal. Esto se debe a que, su distribución en el transcurso del tiempo puede aumentar o disminuir, observándose días con altas concentraciones y algunos otros en los que se presentan bajas o nulas concentraciones. Es por eso por lo que se utilizó esta prueba de correlación de Spearman para analizar la relación entre las concentraciones de los principales tipos polínicos identificados y las variables meteorológicas. Esta prueba no paramétrica representa de mejor manera la probabilidad de detectar correctamente una tendencia (De Castro, 2014; Vara, Fernández, Aira & Rodríguez, 2016; Gharbi, 2018; Fernández, Ribeiro, Pereira, Rodríguez y Abreu, 2019).

Los valores de los coeficientes de correlación varían entre 1 y -1. El grado de asociación entre las variables analizadas es más fuerte cuanto más se aproxime a 1. Cuando

el coeficiente sea muy cercano a cero indica que no hay asociación. Por otro lado, el signo del coeficiente establece la dirección de la relación indicando el tipo de asociación entre las variables muestra (Mondragón, 2014; Fernández *et al.*, 2019). Si el coeficiente arroja un resultado positivo indica que las variables analizadas varían en el mismo sentido, es decir, si aumenta el valor de una variable también aumenta el valor de la otra y en caso de que la correlación sea negativa entonces cuando aumenta el valor de una de las variables disminuye el valor de la otra (Gharbi, 2018).

Para el análisis del coeficiente de correlación de Spearman generalmente se utiliza un diagrama de dispersión mediante el cual se puede observar fácilmente el tipo de relación que se presenta entre dos variables (Tovar *et al.*, 2009).

A fin de que los resultados de la modelación sean más representativos, se realizó la prueba de correlación solo para los tipos polínicos que se presentaron con mayor frecuencia durante los dos meses muestreados. Los tipos polínicos más frecuentes durante el muestro corresponden a: Amarantácea/Chenopodiaceae, Cecropia, Compuesta, Gramínea, Morácea, Piperácea, Pillea.

8. Resultados y discusión.

8.1. *Determinación de la composición polínica del aire de la zona Centro Histórico de la Ciudad de Barranquilla.*

En la tabla 3 se muestran las concentraciones promedio de los granos de polen durante cada día de los meses de junio y julio de 2018, los datos resaltados en negrilla corresponden a las concentraciones máximas durante los meses muestreados.

Tabla 3.

Concentraciones medias de los granos de polen durante los meses de junio y julio del 2018.

DÍA	MES	
	JUNIO (P/m ³)	JULIO (P/m ³)
1	15,17	5,92
2	23,31	15,54
3	7,03	31,45
4	10,36	3,33
5	12,33	10,36
6	10,73	7,77
7	6,66	12,58
8	5,92	1,11
9	5,18	4,81
10	6,29	9,99
11	7,03	12,21
12	18,13	11,84
13	4,44	12,21
14	13,32	9,25
15	17,76	2,96
16	2,22	2,96
17	4,81	6,29

18	2,59	4,44
20	8,51	3,33
21	3,7	3,33
22	4,07	1,85
23	4,44	6,29
24	2,96	4,07
25	0,74	9,25
26	1,48	4,81
27	8,88	9,99
28	6,66	6,66
29	4,81	7,4
30	2,59	0,98
31		8,51
PROMEDIO	7,66 P/m ³	7,72 P/m ³

Nota: Los valores resaltados en negrilla corresponden a las concentraciones máximas durante los meses muestreados. Fuente: Autores.

Se observa que la concentración de polen máxima durante el mes de junio se presentó el día 2 y fue de 23,31 P/m³ de aire. La concentración mínima fue de 0,74 P/m³ de aire y se presentó el día 25. La concentración promedio fue de 7,66 P/m³.

Durante el mes de julio la concentración máxima fue de 31,45 P/m³ de aire y la mínima fue de 0,98 P/m³ de aire el 30 de julio. La concentración promedio del mes de julio fue de 7,72 P/m³.

En la figura 11 se puede ver que durante los primeros días de los meses de junio y julio de 2018 se presentaron las mayores cifras de concentración de polen en la atmósfera de la ciudad de Barranquilla. A partir del cuarto día de ambos meses disminuyó la concentración de granos de polen. En la figura también se observa que no hubo mucha variación en la concentración del cuarto al doceavo día de ambos meses. El día 12 del mes

de junio hubo un incremento en la concentración y tres días después se presentó un valor similar. A partir del 16 de los dos meses muestreados se puede observar que los valores de la concentración fueron bajos, se encontraron valores en un rango de $0,74 \text{ P/m}^3 - 9,9 \text{ P/m}^3$.

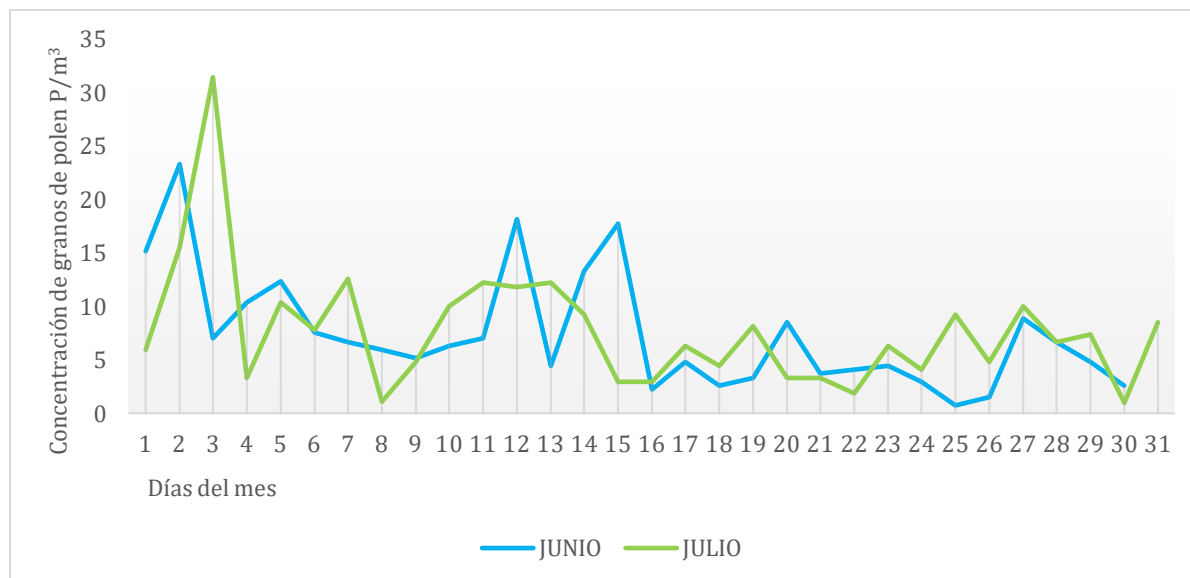


Figura 10. Concentración diaria de los granos de polen durante los meses de muestreo. Fuente Autores.

En la tabla 4 se presentan las concentraciones promedio de los tipos polínicos identificados durante el muestreo realizado en los meses de junio y julio de 2018. Se puede observar que los taxones polínicos identificados durante el muestreo que presentaron mayor concentración en el mes de junio y julio fueron las *Gramíneas*, las *Moráceas* y las *Cecropias*. Los valores resaltados corresponden a las concentraciones más altas de los taxones polínicos muestreados durante junio y julio de 2018.

Tabla 4.

Concentración promedio de los taxones polínicos muestreados durante junio y julio de 2018

<i>Tipos polínicos</i>	<i>Concentración promedio total del mes de Junio (P/m³)</i>	<i>Concentración promedio total del mes de Julio (P/m³)</i>
<i>Acalypha</i>	0,37	0
<i>Amarantácea / Chenopodiacea</i>	0,76	1,24
<i>Begonia</i>	0,37	0,67
<i>Bohemeria</i>	0,74	0

<i>Calliandra</i>	0,37	0
<i>Cecropia</i>	2,24	2,41
<i>Celtis</i>	0,55	0,55
<i>Compuesta</i>	1,03	0,51
<i>Ciperácea</i>	0	0,86
<i>Escalonia</i>	0,555	0,55
<i>Eucalyptus</i>	0	1,35
<i>Eugenia</i>	0,37	0,74
<i>Gramínea</i>	2,10	2,07
<i>Impatiens</i>	0	0,74
<i>Kalanchoe / Phthirusa</i>	0,74	0
<i>Lorantácea</i>	0,37	0,74
<i>Miconia</i>	0	0,64
<i>Mimosa</i>	0,74	1,48
<i>Morácea</i>	2,05	2,01
<i>Persea</i>	0,92	0,37
<i>Pilea</i>	0,59	0,84
<i>Pinus</i>	0,55	0
<i>Piperácea</i>	1,27	1,94
<i>Piptadenia</i>	0,37	0,55
<i>Plantago</i>	0,37	0,74
<i>Rapanea</i>	1,48	0,37
<i>Ricinus</i>	0,37	0
<i>Rumex</i>	0,98	0,90
<i>Sorocea</i>	0	0,37
<i>Trema</i>	0,37	0,37

Nota. Los valores resaltados corresponden a las concentraciones más altas de los taxones polínicos muestreados durante junio y julio de 2018.

En la figura 12 se presenta la concentración promedio de cada uno de los taxones polínicos identificados en el muestreo realizado los meses de junio y julio de 2018.

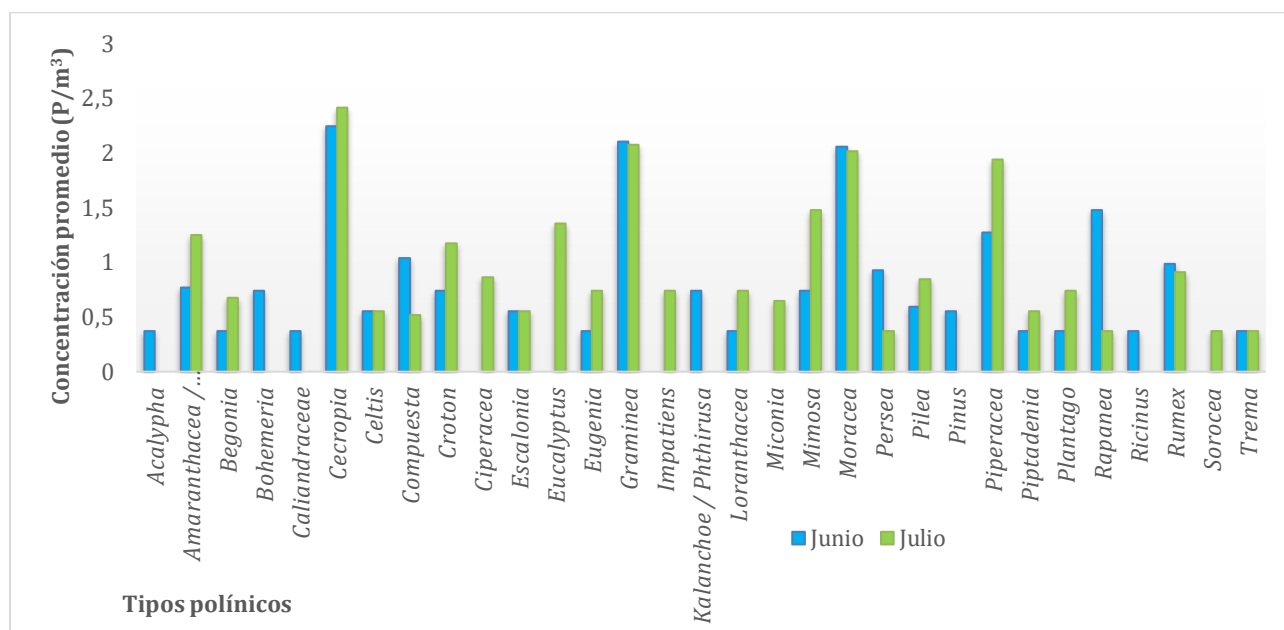


Figura 11.. Concentración de los tipos polínicos identificados durante el mes de junio y julio de 2018 en la ciudad de Barranquilla, Atlántico. Fuente: Autores.

La Red Española de Aerobiología (REA) ha propuesto categorías polínicas teniendo en cuenta umbrales que varían de acuerdo al tipo polínico, de esta forma se hace posible clasificar las concentraciones del polen monitoreado dentro de cuatro grupos. Estas categorías polínicas facilitan la comprensión e interpretación de los niveles en que se presenta el polen en la atmósfera (Galan *et al.*, 2007).

De acuerdo con las categorías estipuladas por la REA para los diferentes tipos polínicos se puede afirmar que en la zona Centro Histórico de la ciudad de Barranquilla, el género *Cecropia spp.*, perteneciente a la familia *Urticaceae*, presentó concentraciones bajas de 2,24 y 2,48 P/m³. La familia *Urticaceae* se encuentra dentro del grupo 1 establecido por la REA.

En el Grupo 2 se encuentran los tipos polínicos: *Amaranthaceae/Chenopodiaceae*, *Gramíneas*, *Plantago* y *Rumex*. Durante el mes de junio la concentración de *Amaranthaceae/Chenopodiaceae* fue nula dado que el valor fue menor a 1P/m³ y en el mes de julio su concentración fue baja puesto que se encuentra dentro del rango de 1-25 P/m³.

A su vez, la concentración de *Gramíneas* durante los dos meses de monitoreo fue baja. Por otra parte, la concentración de *Plantago* y *Rumex* fue nula durante los dos meses de estudio.

En la Tabla 5 se presentan las medidas de dispersión de la concentración diaria por tipo polínico identificado durante el muestreo. Se puede observar que las concentraciones de los tipos polínicos presentan un coeficiente de variación alto, lo cual indica que las concentraciones diarias durante los dos meses de monitoreo se encuentran alejadas de la media. Las concentraciones de las *Perseas* presentaron la mayor dispersión, dado que su coeficiente de variación fue de 112,1%.

Tabla 5.

Concentraciones máximas, mínimas y medidas de dispersión de la concentración diaria por tipo polínico identificado durante el muestreo.

<i>Tipo polínico</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coeficiente de Variación</i>
<i>Acalypha</i>	0,37	0,37	1	0,37		%
<i>Amarantácea /</i>	0,37	1,85	22	0,94	0,56	60,28%
<i>Chenopodiacea</i>						
<i>Begonia</i>	0,37	1,11	7	0,63	0,35	55,48%
<i>Bohemeria</i>	0,37	1,11	4	0,74	0,30	40,82%
<i>Caliandraceae</i>	0,37	0,37	1	0,37		%
<i>Calliandra</i>	0,37	0,37	1	0,37		%
<i>Cecropia</i>	0,37	8,14	33	2,33	1,63	70,11%
<i>Celtis</i>	0,37	0,74	3	0,61	0,21	34,64%
<i>Compuesta</i>	0,37	2,59	15	0,86	0,57	66,13%
<i>Crotón</i>	0,74	2,22	7	1,11	0,56	50,91%
<i>Ciperácea</i>	0,37	1,48	3	0,86	0,56	65,46%

<i>Cyssampelus/Pl</i>	0,37	0,37	1	0,37		%
<i>antago</i>						
<i>Escalonia</i>	0,37	0,74	6	0,55	0,20	36,51%
<i>Eucalyptus</i>	0,37	2,22	3	1,35	0,93	68,63%
<i>Eugenia</i>	0,37	0,74	2	0,55	0,26	47,14%
<i>Gramínea</i>	0,37	12,58	49	2,09	2,12	101,4%
<i>Impatiens</i>	0,74	0,74	1	0,74		%
<i>Kalanchoe/Phth</i>	0,74	0,74	1	0,74		%
<i>irusa</i>						
<i>Lorantácea</i>	0,37	1,48	6	0,61	0,44	72,66%
<i>Miconia</i>	0,37	1,11	4	0,64	0,35	54,71%
<i>Mimosa</i>	0,74	1,48	3	1,23	0,42	34,64%
<i>Morácea</i>	0,37	7,03	50	2,035	1,61	79,57%
<i>Persea</i>	0,37	2,96	7	0,845	0,94	112,1%
<i>Pilea</i>	0,37	1,48	12	0,74	0,38	52,22%
<i>Pinus</i>	0,37	0,74	2	0,555	0,26	47,14%
<i>Piperácea</i>	0,37	5,55	38	1,626	1,19	73,40%
<i>Piptadenia</i>	0,37	0,74	2	0,555	0,26	47,14%
<i>Plantago</i>	0,37	0,74	2	0,555	0,26	47,14%
<i>Rapanea</i>	0,37	1,48	3	0,74	0,64	86,60%
<i>Ricinus</i>	0,37	0,37	3	0,37	0	0%
<i>Rumex</i>	0,37	2,96	16	0,948	0,72	76,69%
<i>Sorocea</i>	0,37	0,37	1	0,37		%
<i>Trema</i>	0,37	0,37	2	0,37	0	0%
<i>Celtis</i>	0,37	0,37	1	0,37		%

<i>Piptadenia</i>	0,37	0,37	1	0,37		%
<i>Rumex</i>	0,74	0,74	1	0,74		%
<i>Total</i>			314	1,45	1,44	99,10%

Nota. Desviación estándar, promedio y coeficiente de variación de la concentración de los tipos polínicos identificados durante el muestreo realizado en junio y julio de 2018.

El tipo polínico que presentó mayor concentración durante los dos meses fue *Cecropia*, seguido de *Morácea*, *Gramínea* y *Piperácea*. Por su parte, los taxones polínicos con menor concentración durante el mes de junio fueron *Acalypha*, *Caliandraceae*, *Eugenia*, *Lorantácea*, *Piptadenia*, *Plantago*, *Ricinus* y *Trema*. En el mes de julio, los tipos polínicos que presentaron menor concentración fueron *Persea*, *Rapanea*, *Sorocea* y *Trema*. En la tabla 6 se muestran la frecuencia en la que se presentaron los tipos polínicos identificados durante los meses de muestreo. Los valores resaltados en negrilla corresponden a las frecuencias más altas de los tipos polínicos presentados durante los meses de junio y julio de 2018.

Tabla 6.

Frecuencia de los tipos polínicos presentados durante los meses de junio y julio de 2018

<i>Tipos polínicos</i>	<i>Junio (granos/día)</i>	<i>Julio (granos/día)</i>
<i>Acalypha</i>	1	0
<i>Amarantácea / Chenopodiaceae</i>	14	8
<i>Begonia</i>	1	6
<i>Bohemeria</i>	4	0
<i>Calliandra</i>	2	0
<i>Cecropia</i>	16	17
<i>Celtis</i>	2	2
<i>Compuesta</i>	10	5
<i>Crotón</i>	1	6
<i>Ciperácea</i>	0	3

<i>Escalonia</i>	4	2
<i>Eucalyptus</i>	0	3
<i>Eugenia</i>	1	1
<i>Gramínea</i>	26	23
<i>Impatiens</i>	0	1
<i>Kalanchoe / Phthirusa</i>	1	0
<i>Lorantácea</i>	2	4
<i>Mimosa</i>	1	2
<i>Morácea</i>	23	27
<i>Persea</i>	6	1
<i>Pilea</i>	5	7
<i>Pinus</i>	2	0
<i>Piperácea</i>	18	20
<i>Piptadenia</i>	1	2
<i>Plantago</i>	1	1
<i>Rapanea</i>	2	1
<i>Ricinus</i>	3	0
<i>Rumex</i>	6	11
<i>Sorocea</i>	0	1
<i>Trema</i>	1	1

Nota: Los valores resaltados en negrilla corresponden a las frecuencias más altas de los tipos polínicos presentados durante los meses de junio y julio de 2018. Fuente: Autores.

De acuerdo con la tabla , 11 de los 31 tipos polínicos identificados en el muestreo realizado los meses de junio y julio solo se presentaron durante uno de los dos meses. Los taxones polínicos que se registraron en ambos meses son *Amaranthacea / Chenopodiaceae*, *Begonia*, *Cecropia*, *Celtis*, *Compuesta*, *Croton*, *Escalonia*, *Eugenia*, *Gramínea*, *Loranthaceae*, *Mimosa*, *Morácea*, *Persea*, *Pilea*, *Piperaceae*, *Piptadenia*, *Plantago*, *Rapanea*, *Rumex* y *Trema*.

En la figura 13 se puede observar la frecuencia en la que se presentaron los tipos polínicos identificados durante los meses de muestreo.

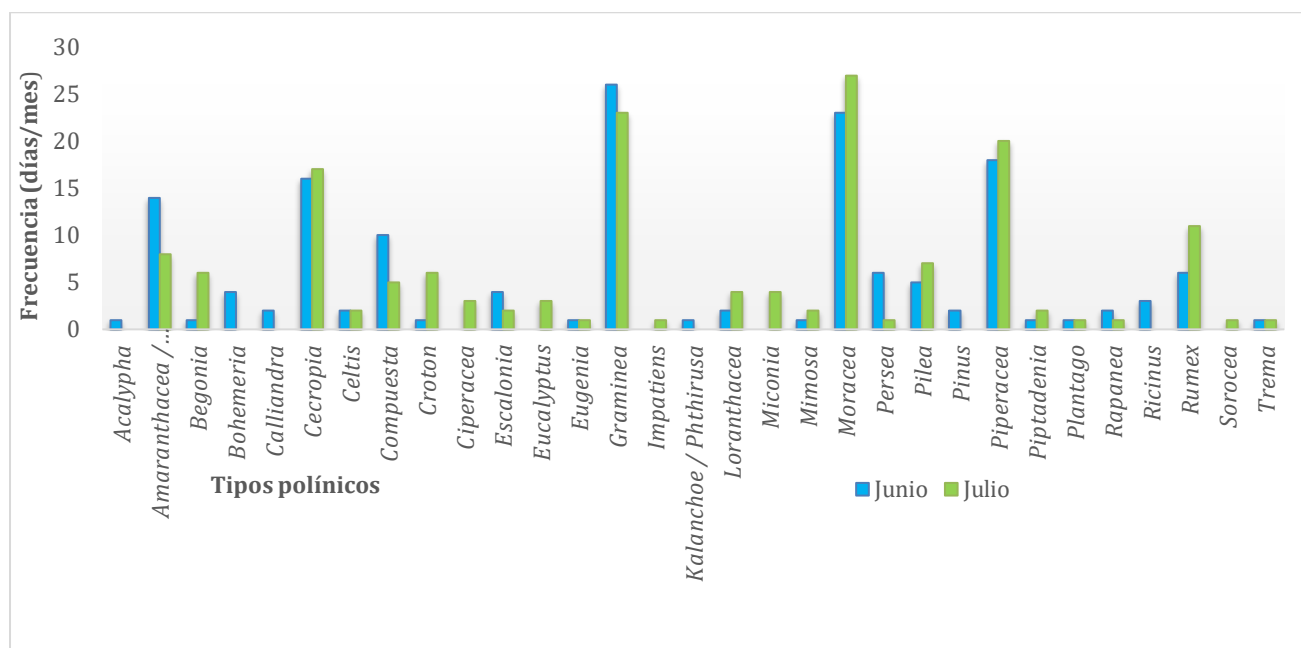


Figura 12. Frecuencia de los tipos polínicos identificados. Fuente: Autores.

Los taxones polínicos con mayor frecuencia en el mes de junio fueron *Gramínea*, *Compuesta*, *Cecropia*, *Amaranthaceae/Chenopodiaceae*, *Piperaceae* y *Moraceae*. Y durante el mes de julio los tipos polínicos que tuvieron mayor frecuencia fueron *Gramínea*, *Cecropia*, *Rumex*, *Piperaceae* y *Moraceae*.

Para determinar la prevalencia de los taxones polínicos se realizó un conteo de cual era el tipo polínico que presentaba mayor concentración en el aire diariamente durante el tiempo de monitoreo y los resultados se representaron gráficamente en la Figura 14.

De los tipos polínicos con mayor prevalencia durante los meses de junio y julio de 2018, *Amarantácea/Chenopodiaceae*, *Cecropia*, *Gramínea*, *Morácea* y *Piperácea* se caracterizan por tener una alta capacidad alergénica (Porrás y Jiménez, 2019). Aunque las concentraciones de los tipos polínicos que se presentaron durante el monitoreo fueron bajas, y en algunos casos nula, de acuerdo con Plaza *et al.*, (2016) un mismo valor en la concentración de polen puede generar reacciones distintas en cada persona, en algunas se

produce una respuesta alérgica incluso en bajas concentraciones mientras que en otras no provoca respuesta alguna. Incluso, se ha demostrado que no todos los taxones polínicos tienen la capacidad de generar sintomatología alérgica. En algunos casos, es posible que las personas con susceptibilidad o predisposición hereditaria al polen al exponerse a bajas presentan bajas concentraciones del polen en la atmósfera manifiesten reacciones alérgicas (Zubeldia *et al.*, 2012; Buters *et al.*, 2015).

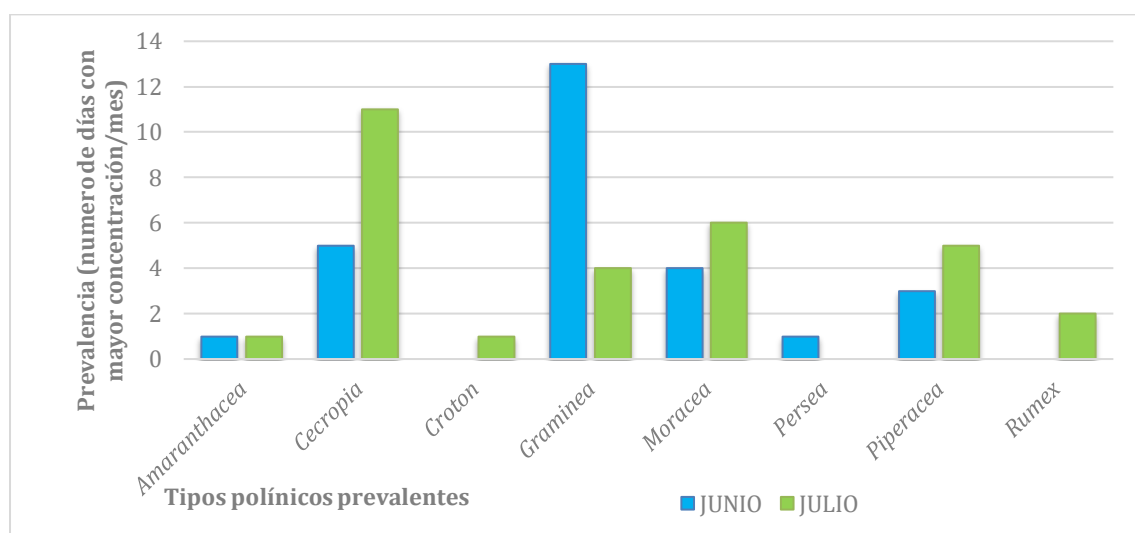


Figura 13. Tipos polínicos que se presentaron con mayor prevalencia durante los meses de junio y julio de 2018. Fuente: Autores.

Según Porras y Jiménez, (2019) en la ciudad de Barranquilla se presentaron 153 casos clínicos de pacientes con sensibilidad alérgica en el mes de junio de 2018 y 124 durante el mes de julio del mismo año. En una muestra de las pruebas cutáneas de alergia o de hipersensibilidad inmediata realizada a algunos pacientes con sensibilidad alérgica a las *Gramíneas* se obtuvo que presentaron síntomas como Rinitis alérgica, conjuntivitis alérgica, Asma leve, piodermatitis, recurrente y dermatitis atópica.

8.2. Influencia de las condiciones meteorológicas en la concentración de los granos de polen durante los meses muestreados.

Se realizó un seguimiento diario de las variables meteorológicas durante la época de muestreo a fin de establecer las condiciones predominantes del área de estudio durante los

meses de junio y julio del año 2018. En la Tabla 7 se puede observar los valores promedios, máximos y mínimos de la temperatura, humedad, velocidad del viento, precipitación y radiación solar. Adicionalmente, en la figura 15 se presenta la rosa de los vientos donde se muestra la dirección del viento predominante durante el tiempo de monitoreo.

Tabla 7.

Condiciones meteorológicas durante el tiempo de muestreo.

MES		Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad (m/s)	Precipitación (mm)	Radiación solar (W/m ²)
JUNIO	Promedio	28,8	84,0	3,0	0,0	201,2
	Mínimo	25,4	60,0	0,0	0,0	0,000
	Máximo	33,7	96,0	9,4	3,6	998,0
JULIO	Promedio	28,4	84,2	3,9	0,0	211,2
	Mínimo	25,2	57,0	0,0	0,0	0,000
	Máximo	34,5	95,0	10,7	11,6	1004

Nota. Valores promedios, máximos y mínimos de las condiciones meteorológicas de junio y julio de 2018.

Durante los meses de estudio, correspondientes a junio y julio de 2018, en promedio la temperatura se mantuvo constante dado que sólo varió 0,4°C, siendo de 28,8°C y 28,4°C, respectivamente, tal como se observa en la Tabla 7. Por otra parte, la diferencia entre la temperatura máxima y mínima registrada en los meses del estudio presentaron un valor similar, dado que sólo variaban en un grado entre ambos meses, en el mes de junio la temperatura osciló 8,3°C y en julio la oscilación fue de 9,3°C.

El día que hubo la mayor temperatura durante el mes de junio la concentración de polen fue baja, con un valor de 10,73 P/m³ y en el mes de julio se presentó una baja concentración (2,96 P/m³) durante día en que se registró la máxima temperatura en el mes. La temperatura pudo haber influido en la concentración presentada inhibiendo la emisión de polen a la atmósfera (De Castro, 2014).

Los valores registrados por la estación meteorológica de la Universidad de la Costa para la humedad fueron altos, presentándose porcentajes de humedad de hasta un 96% en el mes de junio y de 95% en el mes de julio. Los porcentajes de humedad que se presentaron

son característicos de la ciudad de Barranquilla; la cual debido a su cercanía al Río Magdalena y a la zona del Parque Natural de Isla Salamanca, se caracteriza por ser una zona de bastante humedad (IDEAM., 2018).

Durante el tiempo de estudio el porcentaje de humedad promedio máximo fue de 88,53% y se registró una baja concentración de polen (3,33 P/m³). Esto pudo deberse a que, aunque la humedad relativa facilita el desarrollo de las plantas y su floración, cuando se presentan altos porcentajes de humedad se inhibe la dehiscencia de las anteras, es decir, el sistema de abertura que permite la salida del polen. Y, por tanto, disminuye la concentración del polen en la atmosfera (Fernández *et al.*, 2013).

El tiempo de estudio se caracterizó por ser un periodo seco, es decir se presentaron pocas precipitaciones a lo largo de los dos meses. La precipitación se calculó utilizando la precipitación diaria total, en el mes de junio la mayor precipitación corresponde a un valor de 3,6 mm y en el mes de julio la precipitación máxima fue de 11,6 mm. Durante los días en que hubo precipitación en ambos meses se presentaron bajas concentraciones de polen. Esto se debe a que el polen tiene la capacidad de hidratarse, es decir, absorber altos contenidos de agua obteniendo peso y precipitando por acción de la gravedad. Por esta razón, la concentración de polen disminuye con altas precipitaciones (De Castro, 2014).

Con respecto a la radiación solar, se presentaron valores máximos de 998 y 1004 W/m² en los meses de junio y julio de 2018, respectivamente. La radiación solar incide en la concentración del polen, de tal forma que, cuando se presentan altos niveles de radiación en el aire disminuye su concentración, lo cual se debe a que los rayos de longitud de onda corta afectan directamente la resistencia de la exina de los granos de polen reduciendo su viabilidad en la atmósfera (Olaya y Perez, 2006).

Se puede observar que el comportamiento de la velocidad del viento a lo largo del tiempo de monitoreo mostró altibajos. Se presentaron días en los que había vientos fuertes

que ascendían a 9,4 y 10,7 m/s en los meses de junio y julio de 2018. No obstante, durante los dos meses también hubo días con menor intensidad con valores mínimos de 0 m/s. La velocidad del viento en promedio durante los dos meses presentó valores similares dado que en el mes de junio fue de 3,0 m/s y en julio fue de 3,9 m/s. Si bien se presentaron variaciones significativas de la velocidad del viento, el tiempo de monitoreo corresponde al período del año en el que se presentan las menores velocidades del viento, el cual está comprendido entre principios de mayo hasta finales de noviembre (IDEAM, 2018).

La rosa de los vientos ilustra la dirección de la que provienen los vientos (Figura 15 y 16), se observa que la dirección del viento predominante en la zona Centro Histórico de la ciudad de Barranquilla corresponde a Noreste Este, por tanto, el viento proviene de la zona geográfica el sector Las Flores Vía 40. El viento se dirige con una tendencia hacia el Oeste Suroeste, es decir, hacia el área metropolitana de la ciudad de Barranquilla. La mayor frecuencia de velocidad del viento se encuentra en el trayecto rojo, con 3,60-5,70 m/s, siguiendo con el trayecto azul, con velocidades de 5,70-8,80 m/s.

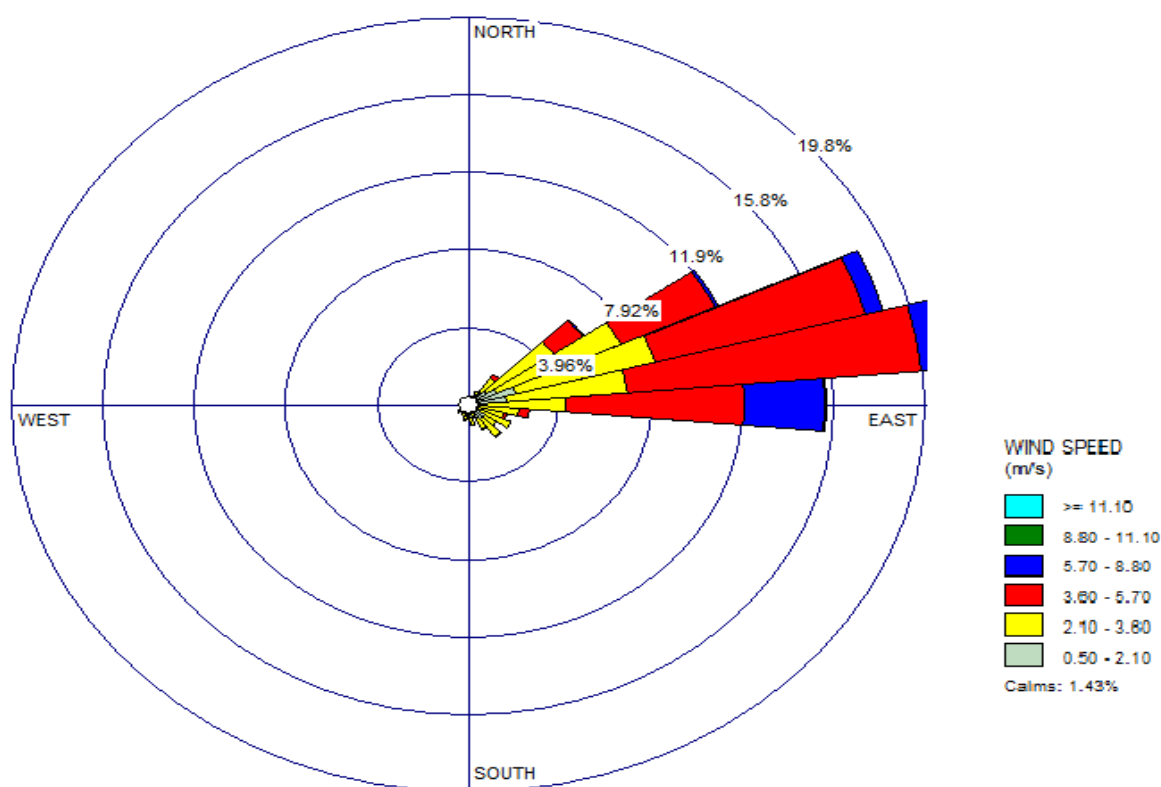


Figura 14. Rosa de los vientos obtenida de la dirección del viento predominante durante los meses de junio y julio de 2018. Fuente: WRPLOT View.

8.2.2. Análisis estadístico de los resultados

En la Tabla 8 se presentan los resultados obtenidos al correlacionar la concentración de los tipos polínicos seleccionados con las variables meteorológicas.

Tabla 8.

<i>Coeficientes de correlación de Spearman de los tipos polínicos seleccionados</i>				
Tipos polínicos	Temperatura	Humedad	Velocidad del viento	Radiación solar
<i>Amarantáceas</i>	0,1	-0,04	-0,004	0,07
<i>Cecropias</i>	-0,24	0,39	-0,36	-0,37
<i>Compuestas</i>	0,38	-0,13	-0,32	-0,44
<i>Gramíneas</i>	-0,36	-0,12	0,16	0,02
<i>Moráceas</i>	-0,13	0,16	-0,28	0,04
<i>Pileas</i>	-0,2	0,54	-0,19	-0,13
<i>Piperáceas</i>	0,04	-0,2	0,08	0,25

Nota. En negrita se han resaltado los valores con una relación moderada.

Tal como se observa en la tabla 8, existe una correlación débil entre la concentración de las *Cecropias*, *Gramíneas*, *Moráceas*, *Pileas* y la temperatura, con valores de -0,23, -0,36, -0,13 y -0,2, respectivamente. Por otro lado, la dirección de la correlación es negativa, esto indica que a medida que aumenta la temperatura disminuye la concentración de polen en la atmósfera.

De acuerdo con De Castro, (2014) la temperatura y la concentración de polen tienen una relación inversamente proporcional. Esta variable meteorológica tiene la capacidad de intervenir en todas las fenofases de las plantas, así como de acelerar o retrasar la formación de yemas florales, y también la emisión y dispersión del polen.

En un estudio realizado por Rahman *et al.*, (2019) se encontró que el polen de hierbas exhibe una correlación negativa con la temperatura. Según Nieto, (2008) la floración de las *Gramíneas* se ve favorecida por temperaturas de 20°C, produciéndose la liberación del polen a la atmósfera. Por tanto, las altas temperaturas inciden disminuyendo su concentración.

Los resultados obtenidos mediante la prueba de correlación de Spearman para las *Pileas* y *Cecropias*, pertenecientes a la familia *Urticaceae*, concuerdan con las correlaciones encontradas por De Linares *et al.*, (2019) en el cual se han encontrado correlaciones negativas entre su concentración y la temperatura. En una investigación desarrollada por Fernández *et al.*, (2019) el incremento de la concentración de *Urticáceas* coincide con una disminución en las temperaturas.

Del mismo modo, la correlación entre las *Moráceas* y la temperatura también es negativa. Las *Moráceas* se caracterizan por tener un periodo de permanencia en la atmósfera corto, con una representación anual del 10%, dado que su floración sólo se presenta durante los meses de marzo a mayo (Bermejo, 2011). En un estudio realizado por (Docampo, 2008; Gharbi, 2018) se encontraron correlaciones positivas entre la concentración del polen y la temperatura durante el período de floración, mientras que durante el período posterior a su floración se obtuvieron coeficientes negativos. Esto se debe a que las temperaturas siguen aumentando, pero las concentraciones polínicas tienden a disminuir una vez que acaba su periodo de floración. El tiempo en el cual se llevó a cabo el monitoreo aerobiológico corresponde al periodo posterior a la floración de *Moráceas*, por tanto, es lógico que se haya obtenido una correlación negativa entre su concentración y la temperatura.

Por otro lado, el coeficiente de correlación para *Amarantáceas*, *Compuestas*, *Piperáceas* y la temperatura fue positiva. La temperatura favorece la dehiscencia de

algunas plantas, liberando su contenido polínico a la atmósfera. En estudios realizados por Gharbi, (2018) se ha encontrado que durante los años cálidos se acelera la liberación de polen de *Amarantáceas*. Adicionalmente, se presentaron liberaciones más lentas a la atmósfera durante los años con más bajas temperaturas.

Los resultados indican que las intensidades de las correlaciones encontradas son débiles, esto puede deberse a que no se presentaron cambios bruscos de temperatura durante el tiempo de monitoreo que permitieran analizar con mayor certeza la intensidad de la relación.

No se analizó la incidencia que tiene la precipitación sobre la concentración del polen en el aire, debido a que durante el periodo de monitoreo no hubo precipitación. Por consiguiente, se dificulta analizar qué tanto varía la concentración del polen a medida que se presentan cambios en la precipitación.

La humedad relativa ejerció una escasa influencia negativa sobre la concentración de *Amarantáceas*, *Compuestas*, *Gramíneas*, y *Piperáceas* presente en la atmosfera de la Zona Centro Histórico de la Ciudad de Barranquilla durante los meses de junio y julio de 2018. De acuerdo con el coeficiente de Spearman obtenido para los taxones polínicos mencionados, a medida que aumenta la humedad relativa se presenta una disminución de su concentración en el aire. Los granos de polen se hidratan, aumentando su densidad y por consiguiente también incrementa la velocidad de sedimentación del polen, el cual precipita por acción de la gravedad (Fernández *et al.*, 2013). Adicionalmente, el incremento del volumen de agua disminuye la liberación de polen de las anteras (Rica, 2003; Rahman *et al.*, 2019). Por lo que algunos taxones polínicos son liberados a la atmósfera en las primeras horas de la mañana cuando disminuye la humedad relativa (Nieto, 2008).

Cada tipo polínico puede presentar una relación diferente con las variables meteorológicas, en algunos casos la relación entre un taxón polínico y una variable puede

ser positiva, pero en otros podría presentarse una relación negativa entre esa misma variable y otro taxón polínico. Por ejemplo, aunque la mayoría de los tipos polínicos analizados presentaron una relación negativa con la humedad, las *Urticáceas* (*Cecropias* y *Pileas*) y las *Moráceas*, en cambio, tienen una correlación positiva con la variable humedad. Si bien es cierto que la humedad, al hidratar los granos de polen, aumenta su densidad, también pueden resuspenderse en el aire y provocar un incremento de su concentración (Quevedo, Corcuy, 2015). En un estudio realizado por De Linares *et al.*, (2019) la prueba de correlación de Spearman entre la concentración de *Urticáceas* y la humedad mostró una correlación positiva.

Por otro lado, se obtuvo una correlación débilmente positiva entre la concentración de *Gramíneas*, *Piperáceas* y la velocidad del viento. Esta variable meteorológica favorece el aumento de la concentración de polen, su dispersión y transporte a distancias, cortas, medias y largas. Adicionalmente, contribuye a la resuspensión del polen, provocando la aparición de tipos polínicos que se encontraban sedimentados (Gharbi, 2018).

La correlación entre la velocidad del viento y las concentraciones de *Amarantáceas* fue nula con valores de 0.00. Para las *Cecropias*, *Compuestas*, *Moráceas* y *Pileas* el coeficiente de correlación de Spearman obtenido indica que la relación fue negativa y débil. En un estudio realizado por De Castro, (2017) se obtuvieron correlaciones negativas entre la concentración de polen y la velocidad del viento.

Si bien es cierto, que se ha asociado el incremento de la velocidad del viento con el ascenso de los niveles de polen y con su dispersión en las corrientes de aire (Nieto, 2008; De Castro, 2014), el viento también puede actuar como limpiador de polen de la atmósfera. Esto se debe a que, cuando aumenta la velocidad del viento, los granos de polen de mayor tamaño y densidad impactan sobre los obstáculos del entorno, disminuyendo su dispersión en las corrientes de aire. A medida que la velocidad del viento sea mayor también aumenta

la eficacia de impactación de los granos de polen sobre los obstáculos (Rica, 2003). Plaza *et al.*, (2016) realizaron un estudio en el cual los resultados mostraron claramente que se registraron concentraciones de polen más altas a medida que disminuía la velocidad del viento, presentándose una relación negativa.

Así mismo, se encontraron correlaciones negativas de baja intensidad entre la radiación solar y la concentración de *Cecropias*, *Compuestas* y *Pileas*. A medida que aumentaba la radiación solar se presentó una disminución de la concentración del polen en la atmósfera. Esta variable tiene un efecto negativo en la dispersión del polen dado que reduce, y en algunos casos inhibe, la viabilidad del polen que se expone a altas radiaciones ultravioletas produciendo una disminución de la fotosíntesis (Nieto, 2008; Molina, Tapia, Gonzales, y Paredes, 2016).

En algunas plantas el incremento en la radiación provocada por la acción antropogénica puede inhibir o estimular la germinación del polen (Molina *et al.*, 2016). De acuerdo con la Tabla 8, el coeficiente de correlación de Spearman entre la concentración de *Amarantáceas*, *Gramíneas*, *Moráceas* y *Piperáceas* y la radiación solar es positivo y débil. Se ha asociado el incremento de la concentración del polen con el aumento de la radiación solar debido a que esta variable activa las hormonas del crecimiento de las plantas y regula la formación de las flores. Adicionalmente, cuando se presentan altas radiaciones ultravioletas las paredes de las anteras se deshidratan favoreciendo la dehiscencia y permitiendo la liberación del polen (De Castro, 2014).

La abundancia de polen en la atmósfera también está asociada a factores bióticos y ambientales. La tasa de producción de polen depende del genotipo, edad y tamaño de la planta, fenología, factores climáticos y edáficos regionales. A su vez, la composición polínica de un área está influenciada por los usos del suelo y la distribución de la vegetación (Rahman *et al.*, 2019).

8.3. *Palinoteca.*

Durante los meses muestreados se logró la conformación de una palinoteca compuesta por placas palinológicas obtenidas a partir de anteras fértiles de muestras de plantas anemófilas recolectadas en la ciudad de Barranquilla.

Las muestras fueron sometidas a un proceso de Acetólisis, el cual es un proceso de fosilización artificial en el que se elimina el contenido celular del polen a través de un tratamiento químico. Mediante este proceso se logra la preservación de las placas palinológicas.

Una vez montadas las placas palinológicas se realizó la identificación de los tipos polínicos. La identificación se realizó a nivel de familias, esto se debe a que dentro de una familia existen muchos géneros con características similares y sólo a través de un análisis metagenómico podría determinarse exactamente el género y la especie a la que pertenece el grano de polen. Sólo en algunos cuantos casos se pudo identificar el género del grano de polen dado que tenían características puntuales que permitían identificarlos. En anexos se encuentran los resultados de la palinoteca.

9. Conclusiones.

A través de este estudio se destaca la necesidad de monitorear la composición polínica a nivel local a fin de determinar cuáles son los taxones más importantes presentes en la atmósfera en términos de abundancia y alergenicidad. Para ello se considera pertinente el establecimiento de una red de monitoreo local que permita identificar la diversidad taxonómica, estacional y temporal que se presenta en la ciudad de Barranquilla.

Mediante este estudio se determinó la composición polínica del aire de la zona centro histórico de Barranquilla, identificando los taxones con mayor prevalencia durante los meses de junio y julio de 2018, los cuales fueron *Amarantácea/Chenopodiaceae*, *Cecropia*, *Crotón*, *Gramínea*, *Morácea*, *Persea*, *Piperácea* y *Rumex*. De los cuales *Amarantácea/Chenopodiaceae*, *Cecropia*, *Gramínea*, *Morácea* y *Piperácea* se caracterizan por tener una alta capacidad alérgica. Aunque estos tipos polínicos presentaron bajas concentraciones durante el tiempo de monitoreo, se ha demostrado que los síntomas de alergia podrían surgir incluso a bajos niveles de polen en la atmósfera.

La composición y la abundancia relativa de polen en el aire en la zona Centro Histórico de la ciudad de Barranquilla está influenciada por su ubicación geográfica, la flora y las condiciones meteorológicas.

Se analizó la relación entre la concentración de granos de polen y las variables meteorológicas. Cada tipo polínico puede presentar una relación diferente con las variables meteorológicas, en algunos casos la relación entre un taxón polínico y una variable puede ser positiva, pero en otros podría presentarse una relación negativa entre esa misma variable y otro taxón polínico.

Las variables que más influyeron en la concentración de los taxones polínicos analizados fueron la velocidad del viento y la humedad. A medida que aumentaba la velocidad del viento disminuía la concentración del polen, esto puede deberse a que cuando

aumenta la velocidad del viento, los granos de polen de mayor tamaño y densidad impactan sobre los obstáculos del entorno, disminuyendo su dispersión en las corrientes de aire. Por su parte, la humedad aumenta la densidad de los granos de polen haciendo que precipiten por acción de la gravedad.

Por último, se estableció una palinoteca de los granos de polen en el área metropolitana de Barranquilla para facilitar la identificación de los tipos polínicos en las muestras aerobiológicas.

El tiempo de muestreo pudo influir en los resultados obtenidos dado que solo se realizó el monitoreo durante dos meses por lo cual no son suficientes datos para obtener unos resultados representativos de la relación estadística entre la concentración de los granos de polen con las variables meteorológicas.

10. Recomendaciones.

Día tras día se ha podido observar cómo estudios aerobiológicos han tomado una mayor importancia. Debido, a las afectaciones en la salud y problemas de calidad aire que tiene cada una de las ciudades, departamento y países. En especial aquellos estudios enfocados en la identificación y cuantificación de los granos polen y esporas que tienen un alto grado de alergenidad.

Es por esta razón que se recomienda primeramente definir las condiciones y criterios para ubicar otros puntos estratégicos de las estaciones polínicas. De modo que, facilite llevar a cabo estudios enfocados a la concentración, floración y estimación de los granos de polen presente en la atmosfera de la ciudad de Barranquilla. Adicionalmente, efectuar una relación de los granos de polen con las distintas variables meteorológicas que se estipulan en esta región.

Asimismo, la realización de calendario polínico que permita llevar un resumen anual del comportamiento y composición polínica de la atmosfera. De igual modo, informar los principales tipos de polen que pueden resultar de interés en cada momento del año y destaca la importancia relativa de unos en comparación a los demás.

Por otro lado, es de vital importancia trabajar de la mano con alergólogos y entes de salud como la secretaria de salud de la ciudad de Barranquilla para realizar medidas preventivas en los días que se presenten una mayor concentración de estos alérgenos ambientales en la atmosfera y que puedan causar riesgo en la salud de las personas que son sensibles al polen. Efectuando pruebas con todos los pólenes alérgicos de la zona para así estimar un mejor diagnóstico para dichos pacientes.

Por último, se recomienda elaborar un herbario cuyo propósito es suministrar información de la vegetación que se encuentra en la ciudad de Barranquilla y si los granos de polen presentes en el aire provienen de plantas anemófilas.

11. Referencias

- Agudelo, C., (2008). *Flora de Colombia. Amarantácea No. 23*. Bogotá, Colombia. Arfo Editores e Impresores Ltda. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. 138 p.
- Aguilera, F., y Ruiz, L. (2009). El polen en la atmósfera de Jaén: Dinámica y evolución histórica. *Revista Electrónica De Medio Ambiente UMC*, 7, 41-52.
- Belmonte, J. (2003). Técnica para la captación e identificación de los pólenes. *Alergología e inmunología clínica* 18(3), 45-47
- Benito, V. (2003). *Aerobiología del polen alergénico y polinosis en Santander. Relación de la agudización del asma bronquial con factores del ambiente exterior*. (Doctorado). Universidad de Cantabria. Departamento de Ciencias Médicas y quirúrgicas.
- Bermejo, D., (2011). *Evolución y situación actual de los estudios del polen atmosférico referencia a la polinización en zaragoza*. Discurso, Academia de Farmacia Reino de Aragón.
- Bousquets, J., Khaltayev, N., y Cruz, A. (2012). Rinitis Alérgica y su Impacto en el Asma (ARIA) 2008. *Allergy*, 63, 11-14
- Cabrales, C., García, H., y Ramírez, G. (2003). Estudio Aerobiológico en la Ciudad de Bucaramanga. *Revista De Inmunoalergia. Asociación Colombiana De Alergia, Asma E Inmunología*, 12(2).
- Caraballo, L., Zakzuk, J., Lee, B., Acevedo, N., Soh, J., y Sánchez-Borges, M. *et al.* (2016). Particularities of allergy in the Tropics. *World Allergy Organization Journal*, 9, 20. doi: 10.1186/s40413-016-0110-7

- Celenk, S. (2019). Detection of reactive allergens in long-distance transported pollen grains: Evidence from Ambrosia. *Atmospheric Environment*, 209, 212-219. doi: 10.1016/j.atmosenv.2019.04.040
- Cepeda, A., y Villalba, S. (2008). Pollen calendar of Barranquilla, Colombia. 2004-2005. III Encuentro de Investigación en la Universidad del Rosario. *Annals of Allergy, Asthma and Immunology* 1, 42-42 ed: American College of Allergy, Asthma, & Immunology.
- Cervigón, P., Gutiérrez, M., y Pérez, R., (2016). Aerobiología y salud. *Revista Salud Ambiental*, 16(1), 1-5.
- Cid, M., Piedras, B., Visoso, A., y Becerril, M. (2015). Estudio aerobiológico de pólenes anemófilos en la ciudad de Toluca, México. *Revista Alergia México*, 62(1).
- Coy, C., Gómez, D., y Castiblanco, F., (2016). Importancia medicinal del género *Crotón* (*Euphorbiaceae*) *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 2016;21(2):234-247
- D'Amato, G., Vitale, C., Rosario, N., Neto, H., Chong-Silva, D., & Mendonça, F. et al. (2017). Climate change, allergy and asthma, and the role of tropical forests. *World Allergy Organization Journal*, 10, 11. doi: 10.1186/s40413-017-0142-7
- D'Amato, G., Holgate, S., Pawankar, R., Ledford, D., Cecchi, L., & Al-Ahmad, M. et al. (2015). Meteorological conditions, climate change, new emerging factors, and asthma and related allergic disorders. A statement of the World Allergy Organization. *World Allergy Organization Journal*, 8, 25. doi: 10.1186/s40413-015-0073-0
- De Castro, S. (2015). *Estudio de alérgenos de polen en la atmósfera de Valladolid*. Universidad de León.

- De Castro, S. (2017). *Panalergenos en el ámbito de la salud pública*. Discurso, Academia de Ciencias Veterinarias de Castilla y León.
- De la Rosa, M., Mosso, A., y Ullan, C., (2002). El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. *Observatorio Medioambiental* 5, 375-402
- De La Rosa, V. (2016). Ecoturismo en el Parque Biotemático Megua. *El Heraldito*.
- De Linares, C., Alcázar, P., Valle, A., Díaz de la Guardia, C., & Galán, C. (2019). Parietaria major allergens vs pollen in the air we breathe. *Environmental Research*, 176, 108514. doi: 10.1016/j.envres.2019.05.045
- Departamento Administrativo de Planeación Distrital de Barranquilla. (2000). *Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito de Barranquilla*. Barranquilla: Cecilia Páez.
- Docampo, S. (2008). *Estudio aerobiológico de la atmósfera de la costa oriental de Málaga (sur de España) e incidencia de las esporas fúngicas en el interior de la Cueva de Nerja* (Doctorado). Universidad de Málaga, Facultad de Ciencias. Departamento de Biología Vegetal.
- Ezikanyi, D., Sakwari, G., y Nnamani, C. (2018). Aeroallergens in North-Central Nigeria. *Allergologia Et Immunopathologia*, 46(6), 599-606. doi: 10.1016/j.aller.2018.03.008
- Fernández, M., Ribeiro, H., Pereira, J., Rodríguez, F., y Abreu, I. (2019). Assessment of the potential real pollen related allergenic load on the atmosphere of Porto city. *Science of the Total Environment*, 668, 333-341. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.345
- Fernández, M., Guedes, A., Abreu, I. y Rodríguez-Rajo, F.J. (2013). Platanus pollen immunodetection related to the airborne Platanus pollen content. *Sci Total Environ*, 463-464: 855-860.

- Ferrer, L., Carnés, J., Rojas-Hijazo, B., Lopez-Matas, M., Sobrevía, M., & Colas, C. (2012). Assessing Degree of Flowering Implicates Multiple *Chenopodiaceae/Amaranthaceae* Species in Allergy. *International Archives Of Allergy And Immunology*, 158(1), 54-62. doi: 10.1159/000330105
- Ferriol, M., y López, Carmelo., (2016). Familia *Compositae (Asteraceae)*: Caracteres generales.
- Gabaldón, A. (2016). *Estudio aerobiológico del municipio de Las Rozas de Madrid y aplicación de resultados al control del polen alergénico*. Universidad Complutense de Madrid Facultad de Farmacia Departamento de Biología Vegetal II.
- Gharbi, D. (2018). *Evolución del comportamiento de los diferentes tipos polínicos en la atmósfera de Málaga (1991-2015): su relación con los parámetros meteorológicos y cambio climático* (Doctorado). Universidad de Málaga.
- Galán Soldevilla, C. (2007). *Manual de calidad y Gestión de la Red Española de Aerobiología*. Córdoba, España: Servicio de Publicaciones, Universidad de Córdoba.
- García, G. (2014). *Dinámica estacional de pólenes alergénicos y elaboración del calendario polínico de la ciudad de Jaén* (Licenciatura en Biología). Universidad de Jaén, Facultad de Ciencias Experimentales.
- García, J. (2010). *Detección de los niveles de proteínas alergénicas en el aire de Olea europaea (Ole e1) Cuantificación por métodos inmunológicos* (Doctorado). Universidad Politécnica de Cartagena, España.
- García, H. (2012). *Aplicaciones de la Aerobiología y Fenología en estudios ambientales*. Discurso, Universidad de Córdoba.

- Gómez, C., Arango, R., Arevalo, L. y Vargas, S., (2003). Algunos estudios de alelopatía de *Rumex crispus* L. y *Polygonum segetum* HBK., en Colombia. *Revista Corpoica* 4(1), 42-48
- Gómez, J., y Galeano, G., (2005). Clave interactiva para los géneros de la familia *Asteraceae* (*Compositae*) presentes en la reserva municipal de Cogua (Cundinamarca, Colombia). *Acta Biológica Colombiana* 10(1) 93
- González, R., Quirós, E., Fernández, S., Silva, I., Maya, J., y Tormo, R. et al. (2019). Relationship of NDVI and oak (*Quercus*) pollen including a predictive model in the SW Mediterranean region. *Science Of The Total Environment*, 676, 407-419. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.04.213
- González, Z., Valencia, R., Vega, A., Fuertes, C., y Fernández, D. (2013). The weak effects of climatic change on *Plantago* pollen concentration: 17 years of monitoring in Northwestern Spain. *International Journal Of Biometeorology*, 58(7), 1641-1650. doi: 10.1007/s00484-013-0768-2
- Guixá, I. (2013). *Evolución atmosférica de partículas biológicas aerovagantes invernales presentes en la atmósfera de Jaén* (Licenciatura en Biología). Universidad de Jaén, Facultad de Ciencias Experimentales.
- Huertas, A., Carbonell, A., Navarro, C., Rendueles, B., Molina, F., Moreno, S., y Moreno, J. et al., (2013). *Pólenes alergénicos y polinosis en la Región de Murcia*. [Murcia]: AlergoMurcia. Asociación de Alergología e Inmunología Clínica de la Región de Murc.
- Kim, K., Kabir, E., y Jahan, S. (2018). Airborne bioaerosols and their impact on human health. *Journal Of Environmental Sciences*, 67, 23-35. doi: 10.1016/j.jes.2017.08.027

- Linares, E., y Moreno, E. (2010). Morfología de los frutíolos de *Cecropia* (*Cecropiaceae*) del Pacífico Colombiano y su valor taxonómico en el estudio de dietas de murciélagos. *Calsasia*, 32(2), 275-287.
- Li, Z., Xu, X., Thompson, L., Gross, H., Shenkman, E., DeWalt, D., y Huang, I. (2019). Longitudinal Effect of Ambient Air Pollution and Pollen Exposure on Asthma Control: The Patient-Reported Outcomes Measurement Information System (PROMIS) Pediatric Asthma Study. *Academic Pediatrics*, 19(6), 615-623. doi: 10.1016/j.acap.2019.03.010
- London, N., Lina, I., y Ramanathan, M. (2018). Aeroallergens, air pollutants, and chronic rhinitis and rhinosinusitis. *World Journal Of Otorhinolaryngology - Head And Neck Surgery*, 4(3), 209-215. doi: 10.1016/j.wjorl.2018.08.006
- Lucas, J., Gutierrez, E., Alfaya, T., Feo-Brito, F., y Gutiérrez, F. (2019). Oxidative stress in ryegrass growing under different air pollution levels and its likely effects on pollen allergenicity. *Plant Physiology And Biochemistry*, 135, 331-340. doi: 10.1016/j.plaphy.2018.12.018
- Majas, F., Noetinger, M. y Romero, E. Monitoreo de polen y esporas en el aire en la ciudad de Buenos Aires: un informe preliminar. Parte I. Árboles y arbustos (AP). (1992) *Aerobiologia* 8(2), 285. doi:10.1007/BF02071637
- Martínez Pérez, V. (2012). Colombia, el quinto del mundo en rinitis alérgica. *El Universal*. Retrieved from <http://www.eluniversal.com.co/cartagena/vida-sana/colombia-el-quinto-del-mundo-en-rinitis-alergica-94088>
- Mondragón Barrera, M. (2014). Uso de la correlación de Spearman en un estudio de intervención en fisioterapia. *Movimiento Científico*, 8(1), 98-104. doi: 10.33881/2011-7191.mct.08111

- Morgado Gamero, W., Agudelo-Castañeda, D., Ramirez, M., Hernandez, M., Mendoza, H., Parody, A., y Vilorio, A. (2018). Hospital Admission and Risk Assessment Associated to Exposure of Fungal Bioaerosols at a Municipal Landfill Using Statistical Models. *Intelligent Data Engineering and Automated Learning – IDEAL 2018*, 210-218. doi: 10.1007/978-3-030-03496-2_24
- Morgado Gamero, W.B., Ramírez, M.C., Parody, A., Vilorio, A., López, M.H.A., Kamatkar, S.J. (2018b) Concentrations and size distributions of fungal bioaerosols in a municipal landfill. In: Tan, Y., Shi, Y., Tang, Q. (eds.) *Data Mining and Big Data*. LNCS, vol. 10943, pp. 244–253. Springer, Cham https://doi.org/10.1007/978-3-319-93803-5_23
- Morgado-Gamero, W., Mendoza Hernandez, M., Castillo Ramirez, M., Medina-Altahona, J., De La Hoz, S., & Posso Mendoza, H. et al. (2019). Antibiotic Resistance of Airborne Viable Bacteria and Size Distribution in Neonatal Intensive Care Units. *International Journal of Environmental Research And Public Health*, 16(18), 3340. doi: 10.3390/ijerph16183340
- Nieto, D., (2008). *Estudio aerobiológico de la zona costera de la provincia de Granadas (Motril): evolución de las concentraciones del polen y esporas* (Doctorado). Universidad de Granada, Facultad de Ciencias, Departamento de Botánica
- Nitiu, D., y Mallo, A. (2012). *Variación interanual de la diversidad y contenido polínico en la atmósfera de la ciudad de Buenos Aires*. Conferencia, 7mo Congreso de Medio Ambiente, Universidad Nacional La Plata.
- Oduber, F., Calvo, A., Blanco-Alegre, C., Castro, A., Vega-Maray, A., y Valencia-Barrera, R. *et al.* (2019). Links between recent trends in airborne pollen

- concentration, meteorological parameters and air pollutants. *Agricultural and Forest Meteorology*, 264, 16-26. doi: 10.1016/j.agrformet.2018.09.023
- Pham, M., Andrade, J., Mishoe, M., Chun, Y., y Bunyavanich, S. (2019). Perceived Versus Actual Aeroallergen Sensitization in Urban Children. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 7(5), 1591-1598.e4. doi: 10.1016/j.jaip.2018.12.026
- Plaza, M., Alcázar, P., Hernández-Ceballos, M., y Galán, C. (2016). Mismatch in aeroallergens and airborne grass pollen concentrations. *Atmospheric Environment*, 144, 361-369. doi: 10.1016/j.atmosenv.2016.09.008
- Porras, D., y Jiménez, E. (2019). *Identificación de los granos de polen y esporas de hongos presentes en la Ciudad de Barranquilla*. (Ingeniería Ambiental). Universidad de la Costa, CUC.
- Quevedo, Corcuyl, V., (2015). *Influencia de la precipitación en la polinización de artemisia. repercusión en la salud pública*. (Licenciatura en Ciencias Ambientales). Universidad Autónoma de Barcelona.
- Rahman, A., Luo, C., Chen, B., Haberle, S., Khan, M. y Jiang, W. *et al.* (2019a). Regional and seasonal variation of pollen and airborne spores between cities in southern China. *Sinica Ecological Act*. doi: 10.1016/j.chnaes.2019.05.012
- Rahman, A., Luo, C., Khan, M., Ke, J., Thilakanayaka, V., y Kumar, S. (2019b). Influence of atmospheric PM_{2.5}, PM₁₀, O₃, CO, NO₂, SO₂, and meteorological factors on the concentration of airborne pollen in Guangzhou, China. *Atmospheric Environment*, 212, 290-304. doi: 10.1016/j.atmosenv.2019.05.049
- Ramírez, M. C. (2013). *Análisis palinológico de las especies de la familia Gesneriáceae de la reserva natural Río Nambí*. (Licenciatura en Biología). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

- Ramón. F., (2009). *Variaciones en la anatomía de la corteza y en la producción de metabolitos secundarios, de dos poblaciones de Croton Draco schlttl. y Cham. En el estado de Veracruz, Méx.*”. (Doctorado). Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Irapuato. Biotecnología y Bioquímica.
- Rangel, J. (2015). La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. *Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 39(151):176-200. doi: /10.18257/raccefyn.136
- Rivera, R., Y Mesía, L. (2009). Determinación de la flora polinífera del valle de Oxapampa (Pasco-Perú) en base a estudios palinológicos. *Ecología Aplicada*, 8(1-2), 53. doi: 10.21704/rea.v8i1-2.382
- Rocha, A., Alvarado, M., Foroughbakhch R, y Hernández, J., (2009). Polen atmosférico de importancia alergológica en el área metropolitana de Monterrey (nuevo león, México), durante el periodo marzo 2003- febrero 2005. *Polibotánica* 28(1) 191-212.
- Rodríguez, D., Sánchez, E., y Sánchez, J., (2008). Análisis aerobiológico del polen de algunos taxones entomófilos en la ciudad de Salamanca. *Studia Botanica*, 26, 67-76
- Rojo, J., Orlandi, F., Pérez, R., Aguilera, F., Ben Dhiab, A., & Bouziane, H. et al. (2016). Modeling olive pollen intensity in the Mediterranean region through analysis of emission sources. *Science Of The Total Environment*, 551-552, 73-82. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.01.193
- Ruiz, S., Trigo, M., Castillo, F., y Jiménez P., (2015) Estudio de la calidad del aire de la atmósfera de Málaga, en relación con el contenido polínico.
- Ruiz, L., y Aguilera, F. (2018). Trends in airborne pollen and pollen-season-related features of anemophilous species in Jaen (south Spain): A 23-year

- perspective. *Atmospheric Environment*, 180, 234-243. doi: 10.1016/j.atmosenv.2018.03.012
- Ruga, L., Orlandi, F., Romano, B. y Fornaciari, M. (2015). The assessment of fungal bioaerosols in the crypt of St. Peter in Perugia (Italy). *Biodeterioration and international biodegradation*, 98, 121-130. doi: 10.1016/j.ibiod.2014.12.010
- Santiago, M., (2015). *Aerobiología del polen alergénico y polinosis en Aranjuez: consejos a la población a través de oficinas de farmacia y sistema sanitario*. (Doctorado). Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Farmacia, Departamento de Biología Vegetal.
- Subiza, J. (2003). Gramíneas: aerobiología y polinosis en España. *Alergología e inmunología clínica*, 18(3), 7-11
- Tenorio, Gonzalez, Piedra y Luna., (2012). El género *Ficus l. (Moraceae)* en México. *Botanical Sciences* 90 (4): 389-452.
- Terán, L., Haselbarth, M., y Quiroz, D., D. (2009). Alergia, pólenes y medio ambiente. *Gaceta Médica de México*, 215(3), 215-222.
- Tovar, A, Martínez, M. y Del Real, A. (2009.). *Descripción de granos de polen de algunas plantas del municipio de Querétaro*. Universidad Nacional Autónoma de Querétaro, Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada
- Trujillo, W, y Posada, R. (2015). Piper Andakiensis (Piperaceae) Una especie nueva de la vertiente Amazónica de la Cordillera Oriental de Colombia. *Caldasia*, 37(2), 261-269. <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v37n2.54379>
- Trujillo, W., y Hoyos, F., (2013). El género *Piper (Piperaceae)* en la reserva natural Las Dalias, municipio de La Montañita-Caquetá. *Revista Momentos de Ciencia* 10, 88-96.

- UPME. Unidad de Planeación Minero-Energética (2013). *Análisis área de influencia y alertas tempranas proyecto caracolí 220 kv y las líneas de transmisión asociadas*.
- Uriarte, S., y Calderón, O. (2018). Aerobiological study in Lima, Peru. *Revista Alergia México*, 65 Supl 1:12.
- Wu, P., Su, H., Lung, S., Chen, M. y Lin, W. (2019). Pollen of *Broussonetia papyrifera*: An emerging aeroallergen associated with allergic illness in Taiwan. *Science of The Total Environment*, 657, 804-810. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.324
- Rica, V. (2003). *Aerobiología del polen alergénico y polinosis en Santander. Relación de la agudización del asma bronquial con factores del ambiente exterior*. (Doctorado). Universidad De Cantabria Departamento De Ciencias Médicas Y Quirúrgicas
- Valero, A., y Picado, C. (Ed.). (2002). *Polinosis*. Servicio de Neumología y Alergia Respiratoria ICPCT. Hospital Clínic. Barcelona.
- Vara, A., Fernández, M., Aira, M., y Rodríguez, F. (2016). Fraxinus pollen and allergen concentrations in Ourense (South-western Europe). *Environmental Research*, 147, 241-248. doi: 10.1016/j.envres.2016.02.014
- Vara, A., (2017). *Carga alergénica de la familia Oleaceae en la atmósfera de la ciudad de Ourense y factores que influyen sobre ella*. (Doctorado). Universidad de Vigo.
- Vélez, A., (2017). *Modelación espacio - temporal de polen y esporas de hongos aerovagantes de Catalunya*. (Doctorado). Universidad Autónoma de Barcelona.
- Vivar, I., Borrego, S., Ellis, G., Moreno, D., & García, A. (2013). Fungal biodeterioration of color cinematographic films of the cultural heritage of Cuba. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 84, 372-380. doi: 10.1016/j.ibiod.2012.05.021

Anexo 1.**Tabla. 1.***Morfología de los granos de polen y el Índice P (eje polar) /E (eje ecuatorial)*

Forma	P/E
Perprolado	>2
Prolado	1,33-2
Subprolado	1,14-1,33
Prolado- Esferoidal	1-1,14
Esferoidal	1
Oblado- Esferoidal	0,88-1
Suboblado	0,75-0,88
Oblado	0,5-0,75
Peroblado	< 0,5

Nota: Método para describir la morfología de los granos de polen. Recuperado de estudio aerobiológico de Motril, por Granada., 2008 por Doctor en Biología Diego Nieto.

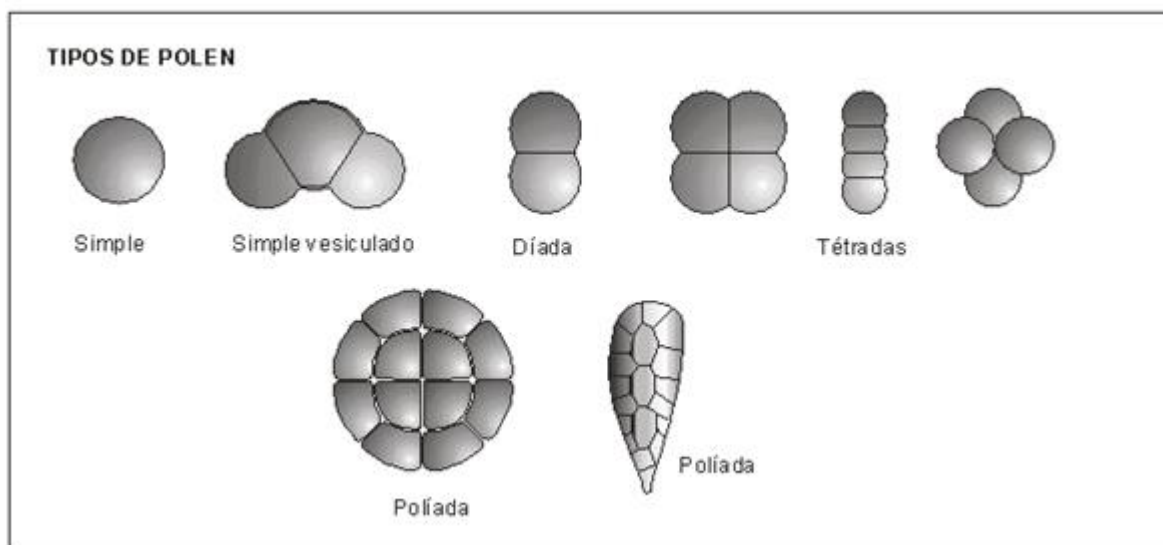
FORMAS DE LOS GRANOS DE POLEN

Figura 1. Tipos de los granos de polen. “Unidad de Botánica, Universidad Autónoma de Barcelona” Por Jordina Belmonte Soler, Joan M. Roure Nolla, 2002, p.7. Universidad Autónoma de Barcelona.

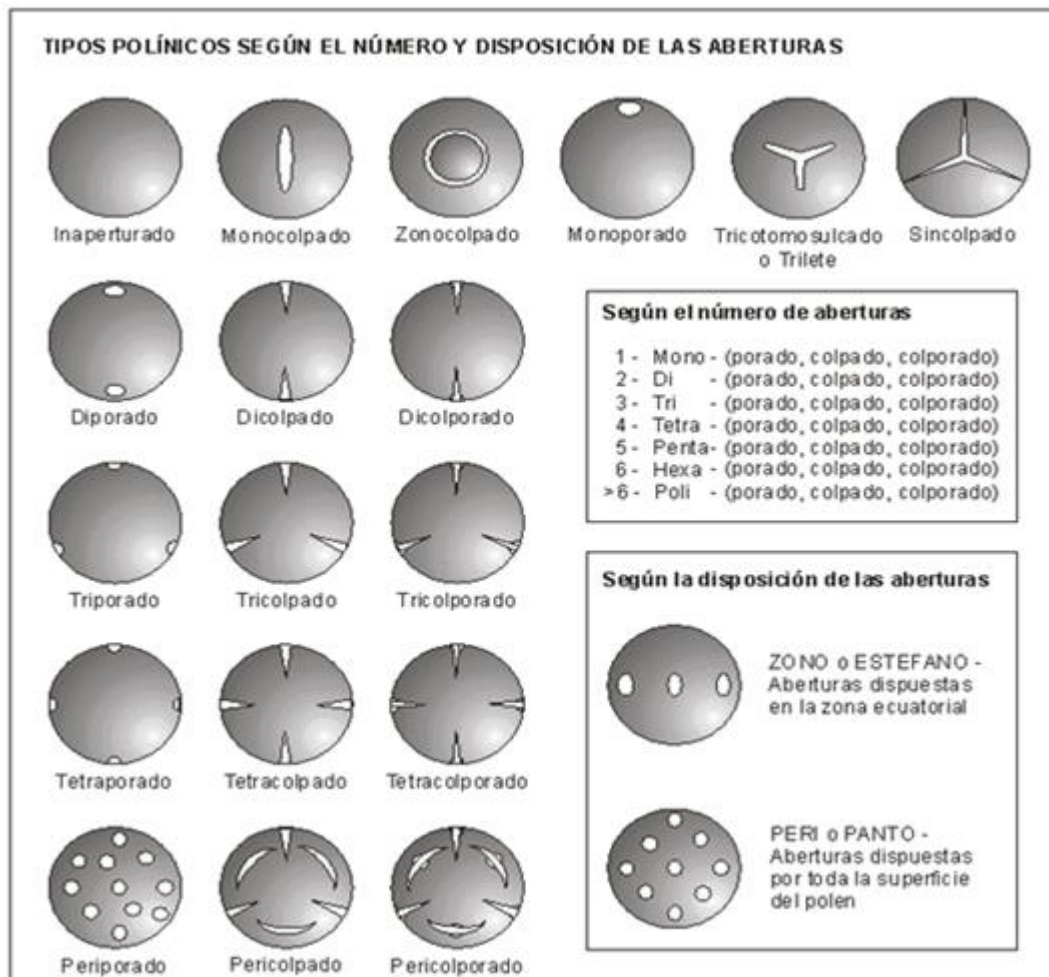


Figura 2. Tipos polínicos de acuerdo con el número y disposición de las aberturas. “Unidad de Botánica, Universidad Autónoma de Barcelona”. Por Jordina Belmonte Soler, Joan M. Roure Nolla, 2002, p.7. Universidad Autónoma de Barcelona.

Tabla 2.

Flora característica de la ciudad de Barranquilla.

N° Árboles	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Acacia roja	<i>Delonix regia</i>	Leguminosae
13	Almendro	<i>Terminalia catappa</i>	Combretaceae
4	Buche de gallina	<i>Neea sp</i>	Nyctaginaceae
2	<i>Calotropis procera</i>	<i>Calotropis procera</i>	Asclepiadeceae
16	Camajon	<i>Sterculia apetala</i>	Sterculiaceae
5	Campano	<i>Samanea saman</i>	Leguminoceae
5	Capparis sp	<i>Capparis Flexuosa</i>	Capparaceae
2	Caucho	<i>Ficus elástica</i>	Roxb. Ex Hornem
8	Cedrillo	<i>Trichilia sp</i>	Meliaceae
69	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae
1	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae
1	Chitato	<i>Muntingia calabura</i>	Muntingaceae
65	Ciruelo	<i>Spondias purpurea</i>	Anacardiaceae
9	<i>Ficus sp</i>	<i>Ficus sp</i>	Moraceae
23	Guasimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Malvaceae
4	Guamacho	<i>Parekia guamacho</i>	Cactaceae
3	Guebo de perro	<i>Tabernaemontana cymosa</i>	Apocynaceae
1	Latigo	<i>Machaeerium sp</i>	Fabaceae
25	Leucaena	<i>Leucaena colinsii</i>	Fabaceae
13	Lonchocarpus sp	<i>Lonchocarpus angusticarpus</i>	Fabaceae
1	Majagua	<i>Pseudobombax septenatum</i>	Malvaceae
15	Mamon	<i>Melicoccus bijugatus</i>	Sapindaceae
58	Mango	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae
6	Marañón	<i>Anacardium occidentale</i>	Anacardiceae
340	Matarratón	<i>Gliricidia sepium</i>	Leguminosae
144	Neem	<i>Azadirachta indica</i>	Anacardiaceae
4	Nispero	<i>Achras sapota</i>	Sapotacea
205	No maderables	<i>Adonidia merrillii</i> , <i>Cocos nucifera</i>	
13	Olivo	<i>Capparis Odoratissima</i>	Capparaceae
1	Polvillo	<i>Tabebuia acrophylla</i>	Bignoniaceae
43	Puy	<i>Tabebuia argentea</i>	Bignoniaceae
26	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae
8	Suan	<i>Ficus dendrocida</i>	Moraceae
2	Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>	Leguminosae
3	Toco	<i>Crataeva tapia</i>	Capparaceae
33	Tolua	<i>Pachira quinata</i>	Malvaceae
7	Totumo	<i>Crescentia cujete</i>	Bignoniaceae
13	Trebol	<i>Platymiscium pinnatum</i>	Fabaceae
3	Trupillo	<i>Prosopis juliflora</i>	Leguminisae
4	Uvero	<i>Coccoloba uvifera</i>	Polygonaceae

340	<i>Uvita</i>	<i>Cordia dentata</i>	<i>Boraginaceae</i>
<i>Nota.</i> Flora característica de la ciudad de Barranquilla. Fuente: CRA, 2016			

Anexo 2. Palinoteca de referencia

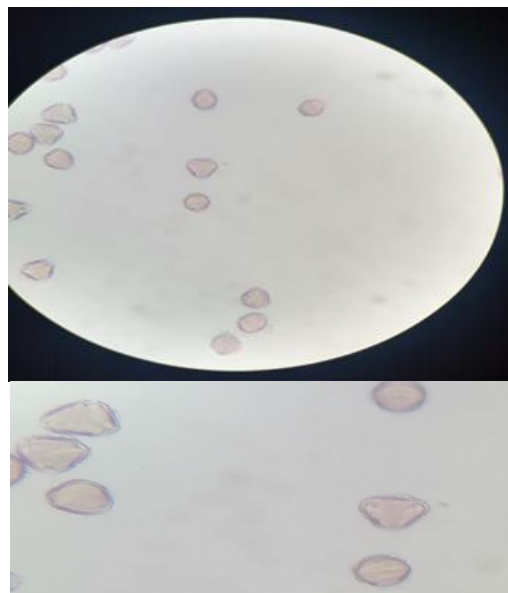
Tabla 1.

Palinoteca de referencia de los tipos polínicos presentes en la ciudad de Barranquilla y su área metropolitana.

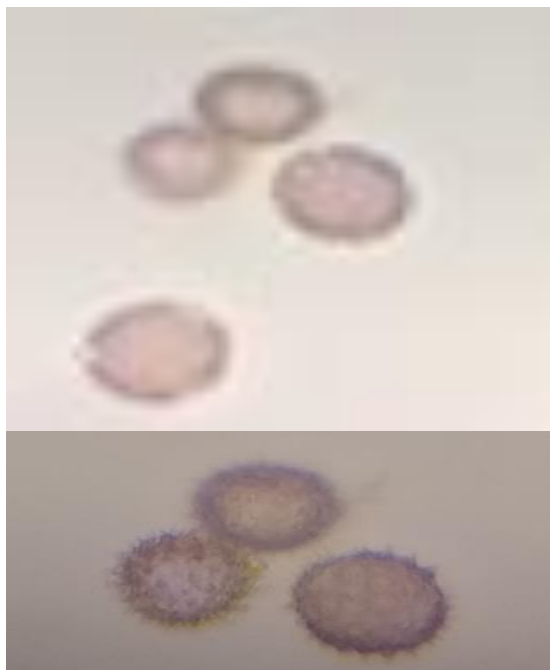
TIPOS POLÍNICOS

TIPO POLINICO: *MIRTACEAE*

Granos radiosimétricos, isopolares, tricolporados parasin-colpados, peroblados a oblados, ámbito triangular cóncavo; DE: 31-41, DP: 12-22mm. Exina: 2-3mm, psilada. Poros lalongados (6-9 x 1-5mm); sexina engrosada en los poros. Colpos de 1-2mm de ancho. Lado apocolpio de 8-10mm.

**TIPO POLINICO: *ASTERACEAS***
(compuestas)

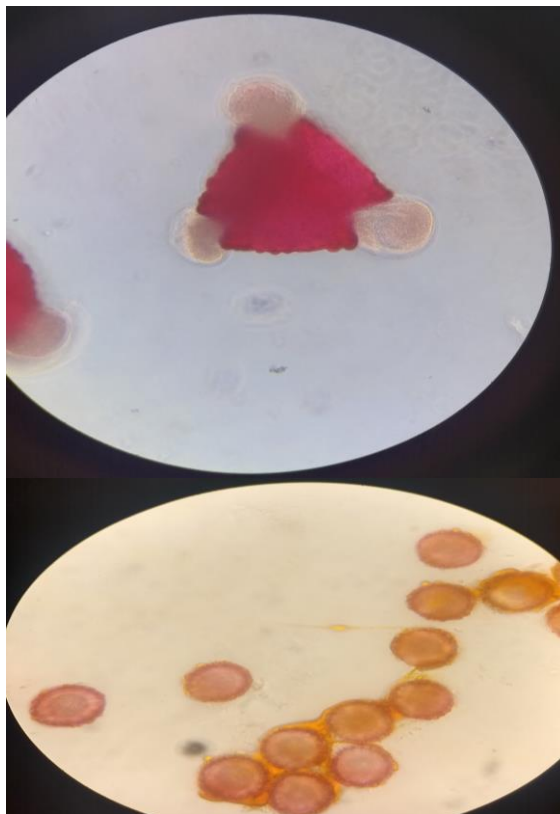
Forma: grano redondeado triangular Pro Prolate P / E,
Tamaño: eje polar 14.3 (12.2-15.7 μm); Eje ecuatorial 12.7 (8.7-14.0 μm), Apertura: tricolporado, apertura no muy distinta, Exine: Tectate, espinas anchas en la base, con punta puntiaguda, apoyadas por bacules robustos



TIPO POLINICO: *FABACEAE*

Granos radiosimétricos, isopolares, triporados, oblados a suboblados, ámbito triangular cóncavo; DE: 43-50, DP: 31-40mm. Exina: 3-4mm, reticulada; retículo heterobrocado, más pequeño hacia los poros, muro de $\leq 1\text{mm}$, lumen de 1-8mm muy variable. Poros circulares cubiertos por membrana ectexínica (5-10mm).

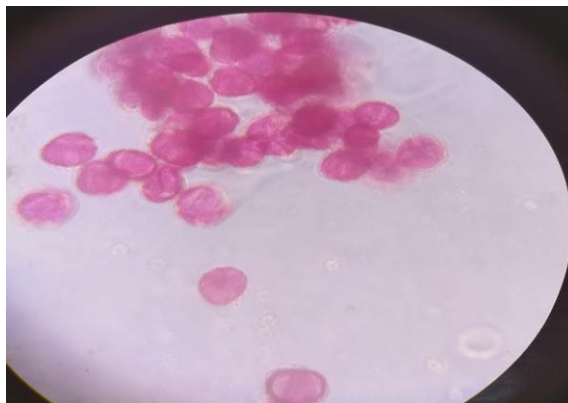
Mónada, prolado-esferoidal en vista ecuatorial, semi-angular en vista polar, eje polar 55 (62,1) 70 μm , eje ecuatorial 50 (61,7) 72,5 μm , prolato-esferoidal (P/E= 1,01), triporado, tipo de apertura en vista polar vestibular, fenestrado, grosor de exina 4,8 μm , diámetro del poro en vista ecuatorial 15 μm , bordes del poro delgado bien definido.

**TIPO POLINICO: *BIGNONIACEA***

Polen tricolpado, colpo largo de 43 μ (38-50 μ), con bordes mal definidos. Exina subtectada, microrreticulada, de 2 μ de espesor.

Relación sexina-nexina 2: 1. Mónada, isopolar, radiosimétrica. Subprolato (P/E= 1.19), contorno polar circular; contorno ecuatorial: elíptico.

P = 54.6 μ (52-59 μ); E= 45.8 μ (39-50 μ).

**TIPO POLINICO: *URTICACEAE***

Simetría y forma: Isopolar, con simetría radial; subcircular en visión ecuatorial, circular o subcircular en visión polar; suboblado u oblado-esferoidal (P/E=0,75-0,93).

Tamaño: Pequeño; P=11-16 μm ; E= 14-19 μm

Aperturas: Polen trizonoporado, a veces tetra-pentazonoporado. Aperturas simples de tipo poro de 2 μm de diámetro, operculadas, márgenes aperturales engrosados, aspídados, a veces difuso.



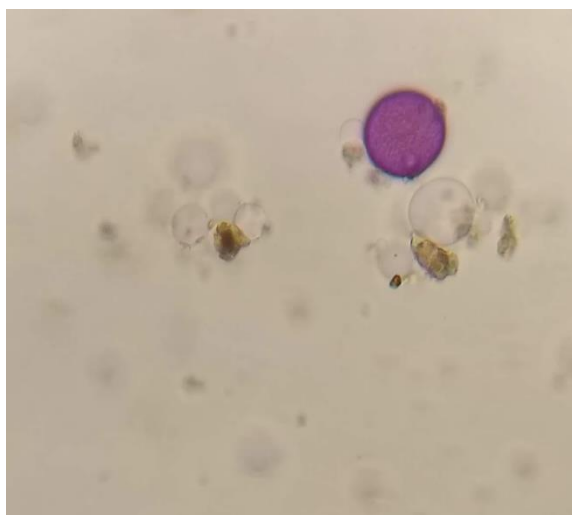
TIPO POLINICO: *RUMEX*

Polen trizonocolporado, isopolar y radiosimétrico. Circular en vista polar, subcircular en vista ecuatorial. De oblado esferoidal a subprolado. Tamaño pequeño a mediano. Ectoaberturas de tipo colpo, en posición meridiana, endoaberturas de tipo poro, en posición ecuatorial. Exina de 1,5-2 μm de grosor con sexina y nexina del mismo grosor. Téctum perforado, infratéctum columelado. Superficie con elementos escábridos dispuestos sobre los muros.

**TIPO POLINICO: *GRAMINEAS***

Tipo de Grano: mónada. Vista polar: circular, con diámetro $32.8 \mu \pm 3.68$. Vista ecuatorial: esferoidal P/E, con diámetros: Eje Ecuatorial, $29 \mu \pm 3.41$ y Eje Polar $31.1 \mu \pm$.

Polaridad: heteropolar. Simetría: simétrico radial. Abertura: monoporado. Poro: longitud $8.6 \mu \pm 1.20$, ancho $8.5 \mu \pm 1.56$ y grosor $3.36 \mu \pm 0.97$. Exina: fina 0.07, con 50% sexina y 50% nexina con diámetro de $2.5 \mu \pm 0.5$, escabrada, tectada.

**TIPO POLINICO: *MORACEAE***

Simetría y forma: Isopolar, con simetría radial; circular en visión ecuatorial y polar; esferoidal ($P/E=1$).

Tamaño: pequeño a mediano $D= 16-28 \mu\text{m}$.

APERTURAS: Bizonoporadoa veces trizonoporado, aperturas simples de tipo poro, generalmente opuestas, a veces aspidadas, con opérculo granuloso que se desprende con la acetólisis.

PAREDES: Exina delgada de 0.5-1.0 de grosor, sexina algo más gruesa que la nexina. Tectum completo, infratectum con columelas apenas marcadas e intina sobresaliendo a veces en forma de oncus a través de las aperturas.



TIPO POLINICO: *RUMEX*

SIMETRÍA Y FORMA: Isopolar, con simetría radial; subcircular en visión ecuatorial, circular en visión polar, oblado-esferoidal o subprolato ($P/E=0,90-1,17$).

Tamaño: pequeño $P=16-29\ \mu\text{m}$; $E=16-30\ \mu\text{m}$.

Aperturas: Trizonocolporado.

Ectoaperturas de tipo colpo, en posición meridiana terminales; **endoaperturas** de tipo poro, en posición ecuatorial.

Paredes: Exina de $1.8\ \mu\text{m}$ de grosor, sexina y nexina del mismo tamaño. Tectum completo, infratectum columelado.

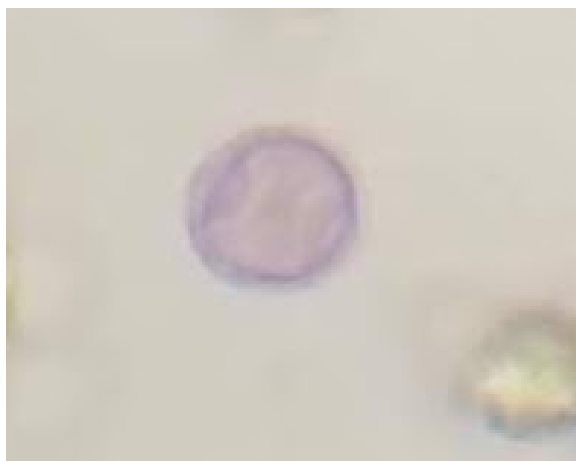
**TIPO POLINICO: *MORACEAE***

Simetría y forma: Isopolar, con simetría radial; subcircular en visión ecuatorial y polar; esferoidal ($P/E=1$).

Tamaño: pequeño a mediano $D=16-28\ \mu\text{m}$.

APERTURAS: Bizonoporado a veces trizonoporado, aperturas simples de tipo poro, generalmente opuestas, a veces aspidadas, con opérculo granuloso que se desprende con la acetólisis.

PAREDES: Exina delgada de $0.5-1.0$ de grosor, sexina algo más gruesa que la nexina. Tectum completo, infratectum con columelas apenas marcadas e intina sobresaliendo a veces en forma de oncus a través de las aperturas.

**TIPO POLINICO:*****AMARANTACEA/CHENOPODIACEA***

Simetría y forma: Apolar, con simetría radial; circular en visión ecuatorial y en visión polar; esferoidal ($P/E=1$). Contorno más o menos ondulado- festoneado al corte óptico.

Tamaño: pequeño a mediano $D=10-30\ \mu\text{m}$.

APERTURAS: Polen polipantoporado.

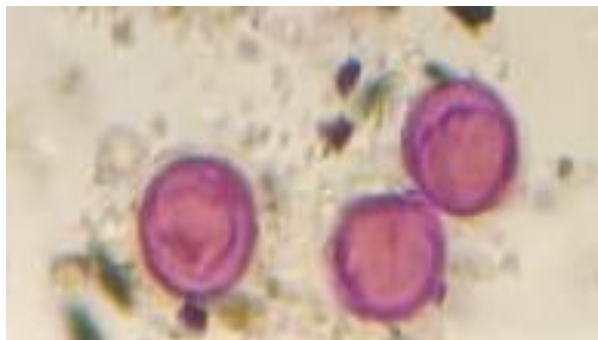
Aperturas simples de tipo poro, muy numerosas (de 25 a 59) formando círculos concéntricos por toda la superficie, con un diámetro aproximado de $2\ \mu\text{m}$; membrana apertural granulada.

PAREDES: Exina de $2\ \mu\text{m}$ de grosor, sexina tan gruesa o más que la nexina. Tectum completo, infratectum con columelas.



TIPO POLINICO: *PIPERACEAE*

Tipo de Grano: mónada. Vista polar: circular, con diámetro de $10.2 \mu \pm 0.60$. Vista ecuatorial: prolado esferoidal P/E 1.07, diámetros: de Eje Ecuatorial $9.6 \mu \pm 0.49$, Eje Polar $10.3 \mu \pm 0.46$. Polaridad: heteropolar. Simetría: simétrico bilateral. Abertura: monosulcado. Colpo: con protuberancias exínicas ocupando el 75% del grano en vista polar con longitud de $6.9 \mu \pm 1.14$ y ancho $3.5 \mu \pm 1.20$. Exina: fina 0.1, con 50% sexina y 50% nexina, reticulada, tectada.

**TIPO POLINICO: *MORACEAE***

Simetría y forma: Isopolar, con simetría radial; circular en visión ecuatorial y polar; esferoidal (P/E=1).

Tamaño: pequeño a mediano D= 16-28 μ m.

APERTURAS: Bizonoporadoa veces trizonorado, aperturas simples de tipo poro, generalmente opuestas, a veces aspidadas, con opérculo granuloso que se desprende con la acetólisis.

PAREDES: Exina delgada de 0.5-1.0 de grosor, sexina algo más gruesa que la nexina. Tectum completo, infratectum con columelas apenas marcadas e intina sobresaliendo a veces en forma de oncus a través de las aperturas.

**TIPO POLINICO: *MORUS***

Polen 2-3 zonoporado, isopolar, con simetría radial. Más o menos esféricos circulares en corte óptico. Tamaño pequeño. Aberturas simples de tipo poro, generalmente opuestas cuando son 2, de aproximadamente de 3 μ m de diámetro, con opérculo granuloso. Exina delgada de 0,6-1 μ m de grosor, con sexina algo más gruesa que la nexina. Tectum completo e infratectum con columelas apenas marcadas. Intina engrosada por debajo de las aberturas. Superficie granulada.



TIPO POLINICO: *CECROPIA*

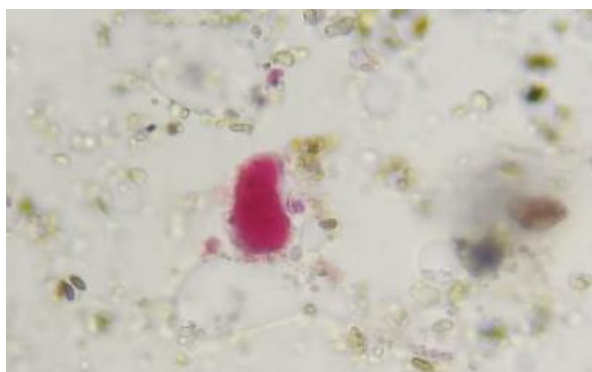
Abertura: Diporado. Poro de $2.5\ \mu$ de diámetro, anillo de $1\ \mu$. Exina: Tectada. Exina de $1\ \mu$ de espesor. Sexina y nexina difícil de observar. ASP: Mónada, isopolar; bilateral. Forma: Prolado; CP: elíptico; CE: elíptico. Tamaño: $P=13.4\ \mu$ ($11-17\ \mu$) $E=8.3\ \mu$ ($7-10\ \mu$). FV: árbol. Ejemplar: E.

**TIPO POLINICO: *PLATANUS***

Trizonocolpado, isopolar, radiosimétrico. De subtriangular a subcircular en visión polar, de subcircular a elíptico en visión ecuatorial. Polen de tamaño pequeño, con eje polar de 18 a $24\ \mu\text{m}$ de longitud y diámetro ecuatorial de 20 a $26\ \mu\text{m}$. Colpos anchos, subterminales, con membrana apertural granulada. Exina de $2\ \mu\text{m}$ de grosor e intina engrosada debajo de los colpos. Superficie reticulada.

**TIPO POLINICO: *CYPERACEAE***

Polen anaporozonocolpado. Heteropolar y simetría radial. De circular a poliedrico en vista polar y con forma más o menos triangular en vista ecuatorial. De prolado a subprolado. Tamaño de mediano a grande. Aberturas simples de tipo poro o colpo, dispuestas estas últimas en la zona ecuatorial y pudiendo estar los poros dispuestos tanto en los polos como en el ecuador. Exina delgada de $1\ \mu\text{m}$ de grosor; intina más gruesa en el polo más estrecho del grano de polen. La superficie granulado-perforada.

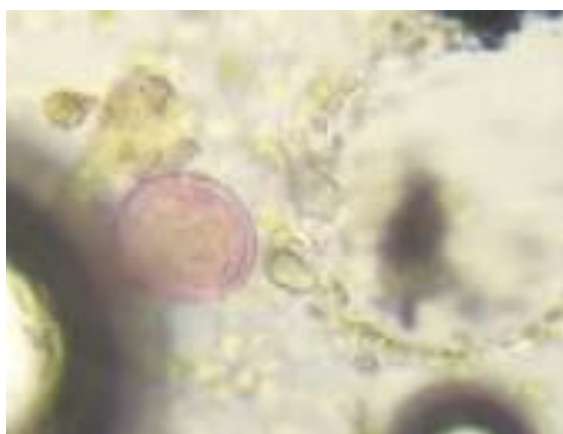


TIPO POLINICO: *URTICACEAE*

El tipo polínico *Urticaceae* incluye las especies de *Parietaria* y de *Urtica* a excepción de *Urtica membranacea*, que es otro tipo polínico (Trigo et al., 2008). Forma: isopolar de simetría radial; esferoidal. Tamaño: pequeño, de 12-17 μm . Aberturas: triporado, a veces con 4 o 5 poros. Exina: grosor menor de 1 μm , con superficie equinulada-verrugosa, con espínulas de tamaño diverso y densamente distribuidas por la superficie.

**TIPO POLINICO: *PIPERACEAE***

Tipo de Grano: mónada. Vista polar: circular, con diámetro de $10.2 \mu \pm 0.60$. Vista ecuatorial: prolado esferoidal P/E 1.07, diámetros: de Eje Ecuatorial $9.6 \mu \pm 0.49$, Eje Polar $10.3 \mu \pm 0.46$. Polaridad: heteropolar. Simetría: simétrico bilateral. Abertura: monosulcado. Colpo: con protuberancias exínicas ocupando el 75% del grano en vista polar con longitud de $6.9 \mu \pm 1.14$ y ancho $3.5 \mu \pm 1.20$. Exina: fina 0.1, con 50% sexina y 50% nexina, reticulada, tectada

**TIPO POLINICO: *MYRTACEAE***

SIMETRÍA Y FORMA: Isopolar, con simetría radial; elíptico en visión ecuatorial, triangular- anguloaperturado en visión polar; de oblado a subprolado (P/E= 0,69-1,20).

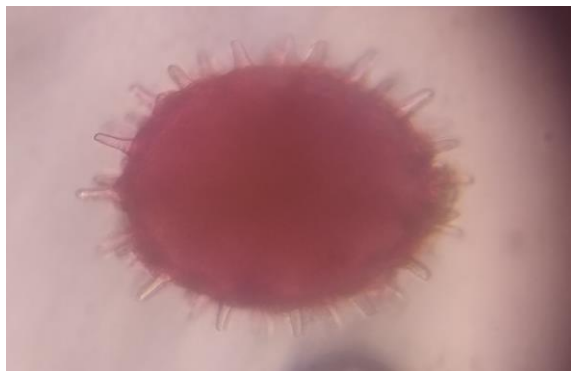
Tamaño: pequeño P=10-28 μm ; E=12-25 μm .

Aperturas: trizonocolporado. Ectoaperturas de tipo colpo, muy larga y estrechas, en posición meridiana, ocupando los ángulos; endoaperturas de tipo poro, de gran tamaño, en posición ecuatorial, generalmente areoladas; membrana apertural psilada o ausente.

**TIPO POLINICO: *MALVACEAE***

Polen tricolporado, endoabertura lalongada de 12 μm (10-15 μm) de largo y 2.7 μm (2-4 μm) de ancho. Área polar media. Exina subtectada, columelada, ornamentación reticulada, heterobrocada. Luminas grandes de 4.5 μm (4-6 μm) y luminas

pequeñas de 3 μm , los muros son simplicolumelados de 1-1.6 μm de ancho. Exina de 2.1 μm (2-3 μm) de grosor. Relación sexina-nexina: 2:1. APSF: Mónade, isopolar, radiosimétrica, prolato. EP: 46 μm (39-55 μm).



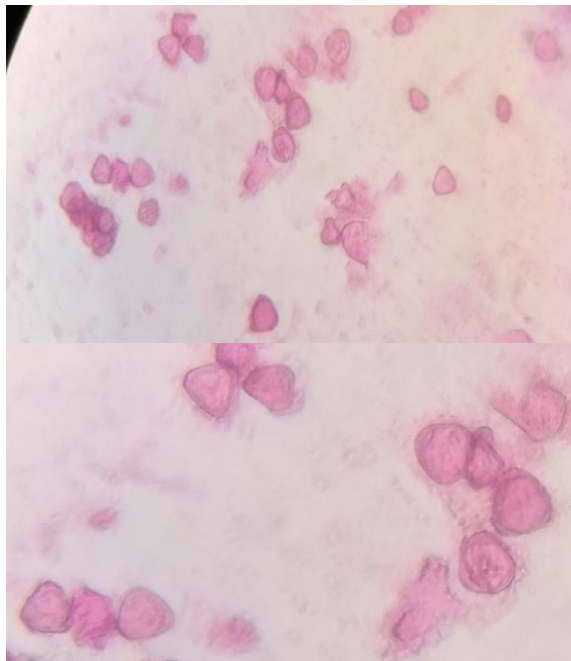
TIPO POLINICO: MIRTACEAE

Forma: triangular en la vista polar, ovalada en la vista lateral

Tamaño: Eje del polo: 11 (10.9-11.9) μm , diámetro del ecuador: 15.6 (13.8-16.8) μm

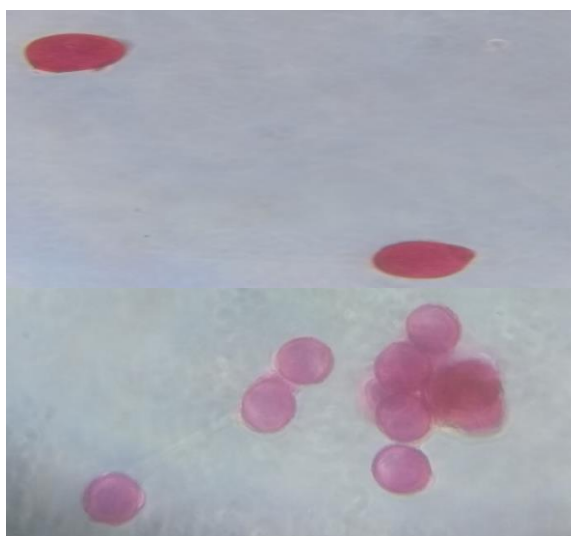
Aberturas de los gérmenes: tricolor, en su mayoría sincolpater. Polen con columnas germinales estrechas y poros germinales de aproximadamente 2-3 μm

Pared polen: muy delgada, psilato a scabrate. Exine, Intine delgado, se espesa debajo de los poros de los gérmenes y se hincha, la pared del polen tiene un espesor de aproximadamente 1 μm



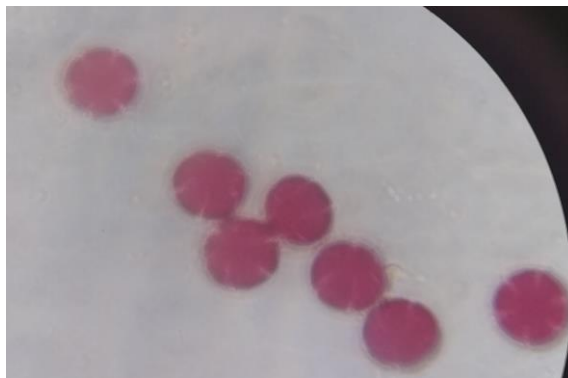
TIPO POLINICO: GRAMÍNEAS o POACEAE

Abertura: Monoporado o biporado, rara vez triporado. Poros circulares de 4.7 μ de diámetro, anillo de 1 μ . Exina: Tectada, psilada, supramicroescabrada con patrón microreticulado. Exina de 2 μ de espesor. Sex 1; Nex 1. ASP: Mónada; isopolar o heteropolar; bilateral. Forma: Oblado esferoidal; CP: circular; CE: circular. Tamaño: P=42.2 μ (38-47 μ) E=43.3 μ (39-47 μ). FV: hierba.



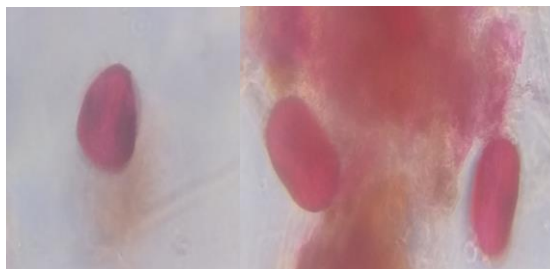
TIPO POLINICO: *LAMINACEAE*

Los granos de polen son mónadas, seis zonocolpatos (muy raramente entremezclados con ocho o cuatro granos de colpados) o heterosincolpados, prolato-esferoides a sub-placa, con un eje polar de 21.53–42.33 μm y un diámetro ecuatorial de 20.16–41.27 μm .

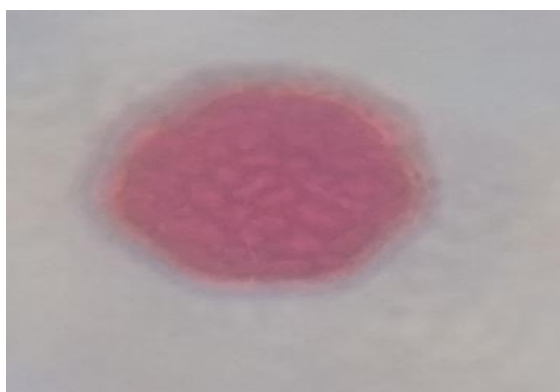
**TIPO POLINICO:** *CYPERACEA*

Dentro de las actividades palinológicas N°
aperturas: anaporozonocolpado,
anazonoporado o inaperturado.

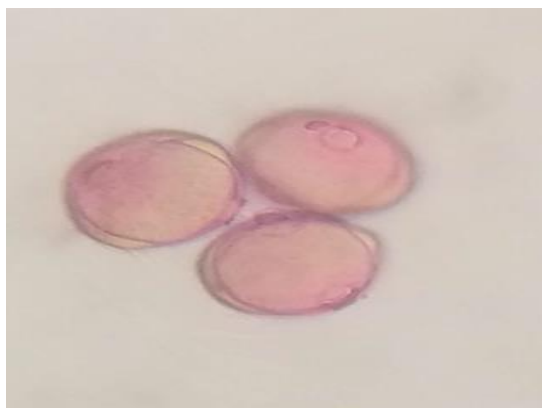
Granos asimétricos, apolares,
inaberturados, piriformes, oblados a
suboblados, ámbito circular, 16-26 x 25-
30 μm . Exina: <1 μm , areolada y verrugada.

**TIPO POLINICO:** *MIMOSOIDEAE*

Abertura: Porada. Poros localizados en los
vértices, poros de 5-8 μ . Anillo de 1 μ .
Exina: Tectada, psilada con patrón
microreticulado. Exina de 2 μ de espesor.
Sex 2; Nex 1. ASP: Poliada (32 mónadas);
mónadas bilaterales, heteropolares. Forma:
Poliada circular-elíptica; mónadas
piramidales. Tamaño: D= 127.6 μ (117-142
 μ) d= 61 μ (53-71 μ).

**TIPO POLINICO:** *MORACEAE*

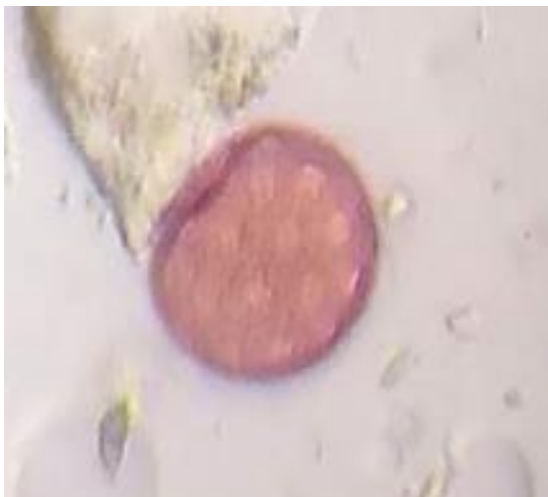
Abertura: Diporado rara vez triporado.
Poro de 2.5 y de diámetro, anillo de 1 μ .
Exina: Tectada, escabrada. Exina de 1 μ de
espesor. Sexina y nexina difícil de
observar. ASP: Mónada, isopolar; bilateral.
Forma: Prolado esferoidal; CP: circular;
CE: elíptico. Tamaño: P= 18 μ (16–20 μ)
E= 17.1 μ (16–20 μ).



TIPO POLINICO:

AMARANTHACEAE/CHENOPODIACEA
E

Polen polipantoporado, apolar, con simetría radial; circular; adecuado. Tamaño mediano; $D = 10-30 \mu m$. Aperturas simples, de tipo poro, muy numerosas (de 25 a 59), formando círculos concéntricos por toda la superficie del polen, con un diámetro de aproximadamente $2 \mu m$; membrana apertural con numerosos gránulos. Exina de c. $2 \mu m$ de grosor, con sexina aproximadamente tan gruesa como la nexina.

**TIPO POLINICO:** *PINACEAE*

Forma: polen en forma de mancuerna, cuerpo central oval redondo con dos sacos de aire laterales más que hemisféricos, constricción distintiva entre los sacos de aire y el cuerpo central

Tamaño: $75.7 (67-87) \mu m$ (diámetro más grande, medido con sacos de aire)

Aberturas de los gérmenes: reducir el polen
Pared del polen: exina rugosa, sacos de aire en la intina gruesa: pared de polen con malla gruesa, malla irregular, escultura de exina a menudo sólo vagamente reconocible debido a las inclusiones de aire.

